

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«ДИАГНОСТИКА И КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ И ЮВЕЛИРНЫХ
МОНОКРИСТАЛЛОВ (ГЕММОЛОГИЯ)»**

**Направление подготовки
18.04.01 Химическая технология**

**Магистерская программа
«Технология функциональных материалов электроники и фотоники»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена:

Старшим преподавателем кафедры химии и технологии кристаллов Э.А. Ахметшиным

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И. Менделеева

(Наименование кафедры)

«23» мая 2025 г., протокол № 13.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 18.04.01. Химическая технология, магистерская программа: «Технология функциональных материалов электроники и фотоники», накопленным опытом преподавания дисциплин профиля кафедрой химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 3 семестров.

Дисциплина «Диагностика и классификация технических и ювелирных монокристаллов (геммология)» относится части дисциплин учебного плана, формируемых участниками образовательных отношений, дисциплинам по выбору. Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общей химии, математики, физики, физической химии, кристаллографии, кристаллооптики, минералогии (и др. материаловедческих дисциплин) и физической электроники.

Цель дисциплины – обучение студентов магистратуры основным знаниям, умениям, навыкам в диагностике и классификации ювелирных камней, материалов с позиции физхимии твердого тела и геммологии. В разделах дисциплины раскрываются основные понятия геммологии как науки о ювелирных камнях, даны различные типы классификаций (геммологическая, промышленная, технологическая и др.), приведены основные методы диагностики и изучения природных монокристаллов, дано детальное описание природных монокристаллов в соответствии с современной систематикой. В продолжении программы обучения осуществляется переход в изложении материала курса от природных к так называемым модифицированным (облагороженным) природным и искусственным монокристаллам и материалам. Здесь показаны кратко основные методы облагораживания, а также рассмотрены примеры модифицированных природных и искусственных материалов, нашедших в настоящее время широкое применение. В заключении дисциплины рассмотрены искусственные материалы, являющиеся аналогами природных монокристаллов. Все темы разделов курса последовательно взаимосвязаны.

Задачи дисциплины – формирование у студентов магистратуры представлений о ее целях, задачах, объектах и методах исследований природных и искусственных ювелирных монокристаллов и материалов.

Дисциплина «*Диагностика и классификация технических и ювелирных монокристаллов (геммология)*» преподается в 1, 2 и 3 семестрах. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-2 Способен к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи	ПК-2.3 Владеет навыками соотнесения результатов собственной научной работы с отечественным и зарубежным опытом по тематике исследования -	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт 40.039 «Специалист в области разработки полупроводниковых лазеров», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция С/03.7. Научно-техническое сопровождение изготовления опытной партии разработанной новой модели полупроводникового лазера (уровень квалификации – 7).
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной	ПК-4 Способен разрабатывать новые материалы и изделия электроники и нанoeлектроники	ПК-4.1 Знает физические принципы работы материалов и изделий электроники и нанoeлектроники ПК-4.2 Умеет подбирать материалы для создания изделий электроники и нанoeлектроники с заданными	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями

определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).		функциональными свойствами - ПК-4.3 Владеет навыками создания материалов и изделий электроники и наноэлектроники с заданными свойствами	работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт 29.002 «Специалист технического обеспечения технологических процессов производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. N 598н Обобщенная трудовая функция Ф. Координация работ по технической подготовке и сопровождению производства приборов квантовой электроники и фотоники на базе нанотехнологий. Ф/02.7 Разработка требований к уровню технической подготовки производства и контрольных показателей для его оценки (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.037 «Специалист по разработке технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция Е. Разработка концепции технологии производства приборов квантовой

				электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов(Е/03.7 Разработка технологической концепции производства нового прибора (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.039 «Специалист в области разработки полупроводниковых лазеров», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция С/03.7. Научно-техническое сопровождение изготовления опытной партии разработанной новой модели полупроводникового лазера (уровень квалификации – 7).
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-5 Способен осуществлять комплексный анализ научных основ технологии новых материалов и изделий электроники и нанoeлектроники	ПК-5.1 Знает современные требования к функциональным характеристиками материалов и изделий электроники и нанoeлектроники ПК-5.2 Умеет модифицировать имеющиеся материалы для нужд создания новых изделий электроники и нанoeлектроники	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт 29.002 «Специалист технического обеспечения технологических процессов производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства

				труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. N 598н Обобщенная трудовая функция Г. Координация работ по технической подготовке и сопровождению производства приборов квантовой электроники и фотоники на базе нанотехнологий. Г/02.7 Разработка требований к уровню технической подготовки производства и контрольных показателей для его оценки (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.037 «Специалист по разработке технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция Е. Разработка концепции технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов(Е/03.7 Разработка технологической концепции производства нового прибора (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.039 «Специалист в области разработки полупроводниковых лазеров», утвержденный приказом Министерства

				труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция С/03.7. Научно-техническое сопровождение изготовления опытной партии разработанной новой модели полупроводникового лазера (уровень квалификации – 7).

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- современные методы исследования и диагностики ювелирных камней.
- общие принципы классификации природных, драгоценных монокристаллических камней и знать их группы
- диагностические признаки и критерии природных и искусственных ювелирных монокристаллов и материалов.

Уметь:

- пользоваться геммологическими приборами и определять свойства ювелирных камней.
- определять качественные характеристики природных и искусственных монокристаллов визуально и методами детальных исследований.

Владеть:

- навыками определения физических и химических свойств природных и искусственных ювелирных монокристаллов на макро- и микроуровне.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего		Семестр					
			1 семестр		2 семестр		3 семестр	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	12	432	3	108	3	108	6	216
Контактная работа – аудиторные занятия:	6	221	1.5	51	1	34	3.5	136
в том числе в форме практической подготовки	0,5	17					0,5	17
Лекции	2	67	0,5	17	0,5	16	1	34
Практические занятия (ПЗ)	2,5	86	1	34	0,5	18	1	34
Лабораторные работы (ЛР)	2	68	0	0	0	0	2	68
в том числе в форме практической подготовки	0,5	17					0,5	17
Самостоятельная работа	4	139	1,5	57	1	38	1.5	44
Контактная самостоятельная работа		0,4		0,4		-		-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		138,6		56,6		38		44
Виды контроля:								
Зач. с оценкой			+					
Экзамен	2	72	-	-	1	36	1	36
Контактная работа – промежуточная аттестация		0,8			1	0,4		0,4
Вид итогового контроля:			Зач. с оценкой		Экзамен		Экзамен	

Вид учебной работы	Всего		Семестр					
			1 семестр		2 семестр		3 семестр	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	12	324	3	81	3	81	6	162
Контактная работа – аудиторные занятия:	6	165,8	1,5	38,3	1	25,5	3,5	102
в том числе в форме практической подготовки	0,5	12,8					0,5	12,8
Лекции								

Практические занятия (ПЗ)								
Лабораторные работы (ЛР)								
в том числе в форме практической подготовки								
Самостоятельная работа	4	104,3	1,5	42,8	1	28,5	1,5	33
Контактная самостоятельная работа		0,3		0,3				
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		104		41,5		28,5		33
Виды контроля:								
Зач. с оценкой								
Экзамен	2	54	-	-	1	27	1	27
Контактная работа – промежуточная аттестация					1	0,3	1	0,3
Подготовка к экзамену.						26,7		26,7
Вид итогового контроля:			Зач. с оценкой		Экзамен		Экзамен	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов					
		Всего	Лек	ПЗ	ЛЗ	СР	Экз
1.	Раздел 1. Введение геммологии.	125	17	34	17	57	
2.	Раздел 2. Природные ювелирные монокристаллы	89	16	18	17	38	
3.	Раздел 3. Модифицированные природные монокристаллы.	73	17	17	17	22	
4.	Раздел 4. Искусственные аналоги природных монокристаллов и их имитации.	73	17	17	17	22	
	Экзамен						72
ИТОГО в 9 семестр (часов)		17	67	86	68	139	72

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение в геммологию.

- 1.1. Введение. Природные драгоценные монокристаллы как объект исследования геммологии. Цели и задачи, объекты и методы исследований (визуальные, инструментальные), приборы, аппаратура.
- 1.2. Принципы классификации природных драгоценных монокристаллов, современные классификации. Понятие «драгоценный камень» в различных аспектах. Правила CIBJO (Международная конференция по ювелирным камням, изделиям из серебра, алмазам и жемчугу). Отношение России к CIBJO.
- 1.3. Физико-химические свойства природных драгоценных монокристаллов (цвет, блеск, твердость, плотность, оптические свойства, абсорбция, особенности), визуальные и инструментальные методы диагностики. Приборы, аппаратура (микроскоп, иммерсионскоп, полярископ, рефрактометр, спектроскоп, дихроскоп, УФ-лампа). Центры окраски, спектрофотометрия и оценка цвета по системе GIA.

Раздел 2. Природные ювелирные монокристаллы.

- 2.1. Природные ювелирные камни (геммологическая характеристика, методы идентификации, месторождения): алмаз, прозрачные (ограночные) ювелирные камни (гр. корунда, гр. берилла, хризоберилл, шпинель, гр. граната, гр. кварца и др.); непрозрачные (ювелирно-поделочные) камни: благородный опал, бирюза, нефрит, жадеит, хризопраз, лазурит и др.
- 2.2. Органогенные ювелирные материалы (жемчуг, перламутр, янтарь, коралл и др.); геммологическая характеристика, методы диагностики.

Раздел 3. Модифицированные природные монокристаллы.

- 3.1. Облагораживания природных драгоценных монокристаллов. Методы модифицирования и диагностические признаки облагораживания, способы распознавания облагороженных камней.

Раздел 4. Искусственные аналоги природных монокристаллов и их имитации.

- 4.1. Промышленный рост искусственных аналогов природных монокристаллов, требования к выпускаемой продукции. Историческая справка о развитии промышленного синтеза и роста драгоценных камней, основные методы роста. Области применения искусственных аналогов природных камней, их достоинства и преимущества перед природными камнями.
- 4.2. Наиболее широко распространенные искусственные ювелирные камни, их геммологическая характеристика, методы идентификации, ключевые диагностические признаки отличия искусственных ювелирных камней от природных. Фирмы-поставщики.
- 4.3. Имитации. Виды имитаций (из природных, искусственных материалов, составные камни); способы и методы распознавания имитаций.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать:					
1	- теоретические основы современной геммологии и классификации ювелирных монокристаллов		+			
2	- методы диагностики ювелирных камней и материалов			+	+	+
3	- диагностические признаки и критерии природных и искусственных ювелирных монокристаллов и материалов				+	+
4	- количественные и качественные характеристики ювелирных кристаллов, влияющих на стоимостную оценку					
	Уметь:					
4	- пользоваться геммологическими приборами и определять свойства ювелирных камней.		+			
5	- определять качественные характеристики природных и искусственных монокристаллов визуально и методами детальных исследований		+	+	+	+
	Владеть:					
7	- навыками определения физических и химических свойств природных и искусственных ювелирных монокристаллов на макро- и микроуровне		+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</i>						
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК				
8	ПК-2 Способен к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи	ПК-2.3 Владеет навыками соотнесения результатов собственной научной работы с отечественным и зарубежным опытом по тематике исследования.	+	+	+	+
10	ПК-4 Способен разрабатывать новые материалы и изделия электроники и нанoeлектроники.	ПК-4.1 Знает физические принципы работы материалов и изделий электроники и нанoeлектроники.	+	+	+	+
11		ПК-4.2 Умеет подбирать материалы для создания изделий электроники и нанoeлектроники с заданными функциональными свойствами.	+	+	+	+
12		ПК-4.3 Владеет навыками создания материалов и изделий электроники и нанoeлектроники с заданными свойствами.	+	+	+	+
13	ПК-5 Способен осуществлять комплексный анализ научных основ технологии новых материалов и изделий электроники и нанoeлектроники.	ПК-5.1 Знает современные требования к функциональным характеристиками материалов и изделий электроники и нанoeлектроники.	+	+	+	+
14		ПК-5.2 Умеет модифицировать имеющиеся материалы для нужд создания новых изделий электроники и нанoeлектроники.	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерный перечень практических занятий

Предусмотрены практические занятия обучающегося в магистратуре в объеме 86 акад. ч. (34 акад. ч в 1 сем., 18 акад. ч во 2 сем., 34 акад. ч в 1 сем.).

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических (семинарских) занятий	Часы
1	1	Геммологические мини лаборатории: особенности использования, методы юстировки и контроля измеряемых параметров. Использование отдельных приборов и всего комплекса. Инструментальные методы детальных исследования технических и ювелирных кристаллов.	17
2	1	Определение цветовых характеристик ювелирных кристаллов по системе Gemset GIA и спектрометрические данные.	17
3	4	Определение качественных характеристик технических и ювелирных монокристаллов. Сравнительный анализ.	17
4	3	Модифицирование свойств кристаллов. Изменение цветовых и качественных характеристик природных и искусственных ювелирных камней физико-химическими методами. Практические приметы и опыт их применения.	17
5	2	Идентификация, ключевые диагностические признаки отличия искусственных и природных ювелирных камней и материалов.	18

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «Диагностика и классификация технических и ювелирных монокристаллов (геммология)» предусмотрена самостоятельная работа студента магистратуры в объеме 57 ч в 1 семестре, 38 ч во 2 семестре и 44 ч в 3 семестре плюс по 36ч самостоятельной подготовки к экзамену во 2 и 3 семестрах. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на практических занятиях учебного материала и подготовку к выполнению контрольных работ по разделам курса;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы и работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов таких как Gem & Gemology и др.;
- подготовку докладов и презентаций;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня;
- участие в работе тематических форумов в сети интернет;
- подготовку к сдаче экзаменов.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине в 1 семестре складывается из оценок за выполнение теста (5 баллов), домашней работы (10 баллов), контрольной работы (максимальная оценка 15 баллов), лабораторного практикума (максимальная оценка 30 баллов) и итогового контроля в форме зачета с оценкой (максимальная оценка 40 баллов); в 7 семестре – из оценок за реферат (12 баллов), контрольной работы (максимальная оценка 15 баллов), лабораторного практикума (максимальная оценка 32 балла) и итогового контроля в форме зачета с оценкой (максимальная оценка 40 баллов).

8.1 Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

8.2 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 4 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы 30 в каждом семестре, по 15 баллов за каждую.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1.

Максимальная оценка – 15 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 7.5 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1.

1. Предмет исследования современной геммологии, её задачи и методы. Инструментальные методы исследования монокристаллов (перечисление, с указанием качества точности) (микроскоп, иммерсионскоп, полярископ, рефрактометр, спектроскоп, дихроскоп, УФ-лампа)
2. Современная классификация ювелирных камней – геммологическая, промышленная и технологическая.
3. Правила СИБЮ. Особенности и применение правил производства, торговли и оборота ювелирных камней в России. Отношение России к СИБЮ. Применение терминов в геммологии.

Вопрос 1.2.

1. Физико-химические свойства природных драгоценных монокристаллов (цвет, блеск, твердость, плотность, оптические свойства, абсорбция, особенности), (микроскоп, иммерсионскоп, полярископ, рефрактометр, спектроскоп, дихроскоп, УФ-лампа)
2. Определение оценочных параметров ювелирных камней. Цвет. Определение цветовых характеристик ювелирных кристаллов по системе Gemset GIA и спектрометрические данные и их анализ. Определение цветовых координат в системе RGB.

3. Инструментальные методы исследования монокристаллов (перечисление, с указанием качества) (микроскоп, иммерсионскоп, полярископ, рефрактометр, спектроскоп, дихроскоп, УФ-лампа)

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 15 баллов. Контрольная работа содержит 3 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопрос 2.1.

1. Природные ювелирные камни и материалы. Отличительные особенности, распространенность и представление о генезисе. Месторождения, методы добычи и рынки природных ювелирных камней.
2. Алмазы и бриллианты. Разновидности, минералого-кристаллографическая характеристика, методы идентификации, месторождения. Сравнительный анализ природных и искусственных разновидностей. Признаки модифицирования разновидностей. Особенности торговли и рынков его разновидностей.
3. Ювелирные камни группы корунда: разновидности, минералого-кристаллографическая характеристика, методы идентификации, месторождения. Сравнительный анализ природных и искусственных разновидностей. Признаки модифицирования разновидностей. Особенности торговли и рынков его разновидностей.

Вопрос 2.2.

1. Ювелирные камни группы берилла: разновидности, минералого-кристаллографическая характеристика, методы идентификации, месторождения. Сравнительный анализ природных и искусственных разновидностей. Признаки модифицирования разновидностей. Особенности торговли и рынков его разновидностей.
2. Ювелирные камни группы граната: разновидности, минералого-кристаллографическая характеристика, методы идентификации, месторождения. Сравнительный анализ природных и искусственных разновидностей. Признаки модифицирования разновидностей. Особенности торговли и рынков его разновидностей.
3. Ювелирные камни группы кварца и опалы: разновидности, минералого-кристаллографическая характеристика, методы идентификации, месторождения. Сравнительный анализ природных и искусственных разновидностей. Признаки модифицирования разновидностей. Особенности торговли и рынков его разновидностей.

4. Шпинель, хризоберилл, оливин. Характеристика, методы идентификации, месторождения. Природные камни и их искусственные аналоги.
5. Топаз, турмалин, диопсид. Характеристика, методы идентификации, месторождения. Природные камни и экспериментальные данные по попыткам их лабораторного получения.

Вопрос 2.3.

1. Циркон, сподумен, полевые шпаты. Характеристика, методы идентификации, месторождения. Природные камни и экспериментальные данные по попыткам их лабораторного получения.
2. Нетрадиционные ювелирные камни (данбурит, фенакит, апатит и др.). Характеристика, методы идентификации, месторождения. Природные камни и экспериментальные данные по попыткам их лабораторного получения.
3. Ювелирно-поделочные и поделочные камни. Разновидности, минералогическо-петрографическая характеристика, методы идентификации, месторождения. Признаки модифицирования разностей. Особенности торговли и рынков их разновидностей. Искусственные аналоги.
4. Ювелирные камни органического происхождения. Разновидности, характеристика, методы идентификации. Процессы образования «камней» в живых организмах. Признаки модифицирования разностей. Особенности торговли и рынков их разновидностей. Искусственные, культивированные и имитации.

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Максимальная оценка – 15 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 7.5 баллов за вопрос.

Вопрос 3.1

1. Цель и задачи облагораживания. Различия в «модифицировании» и «облагораживании». Область применения.
2. Методы воздействия на природные и искусственные ювелирные кристаллы. Физические, физико-химические и химические методы. Общие представления, оборудование и режимы воздействий.
3. Термообработка, термодиффузия, ионная имплантация. Примеры облагораживания, механизм изменения цвета. Особенности методов и распространенность их применения на практике.

Вопрос 3.2

1. Облучение. Виды ионизирующего воздействия. Примеры облагораживания, механизм изменения цвета. Особенности методов и распространенность их применения на практике. Остаточная радиоактивность.
2. Импрегнирование и заполнение органическими композициями. Химическое крашение. Примеры облагораживания, механизм изменения цвета и качественных характеристик (прозрачности, порочности и пр.). Особенности методов и распространенность их применения на практике.
3. Результаты облагораживания ювелирных камней и материалов. Композиционные, гибридные и пр. материалы как результат модифицирования. Правила CIBJO и маркировка облагороженных камней.

Раздел 4. Примеры вопросов к контрольной работе № 4.

Максимальная оценка – 15 баллов. Контрольная работа содержит 1 вопрос на 15 баллов.

1. Промышленный рост искусственных аналогов природных ювелирных монокристаллов, требования к выпускаемой продукции. Области применения искусственных аналогов природных камней, их достоинства и преимущества перед природными камнями.
2. Искусственные ювелирные монокристаллы, их геммологическая характеристика, методы идентификации, ключевые диагностические признаки; отличия искусственных ювелирных камней от природных. Фирмы-поставщики.
3. Имитации. Виды имитаций (из природных, искусственных материалов, составные камни); способы и методы распознавания имитаций.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (1 семестр – зачет с оценкой, 2 семестр – экзамен, 3 семестр – экзамен).

Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40 баллов, за экзамен – 40 баллов. Экзаменационный билет содержит 3 вопроса. 1 вопрос 10 баллов, вопрос 2 и 3 – 15 баллов каждый.

8.3.1 Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (1 семестр – зачет с оценкой).

Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40 баллов

1. Объекты, задачи и место геммологии среди других наук.
2. Классификация ювелирных материалов. Природные ювелирные материалы; их номенклатура, определения и примеры.
3. Классификация ювелирных материалов. Искусственные материалы; их номенклатура, определения и примеры.
4. Генетическая классификация ювелирных кристаллов и материалов.

5. Основные оптические феномены в ювелирных камнях.
6. Инструментальные методы исследования монокристаллов (перечисление, с указанием качества) (микроскоп, иммерсионскоп, полярископ, рефрактометр, спектроскоп, дихроскоп, УФ-лампа)
7. Полярископ. Физический принцип работы. Устройство и особенности обслуживания. Анализ полученных данных.
8. Полярископ, рефрактометр, , УФ-лампа)
9. Рефрактометр. Физический принцип работы. Устройство и особенности обслуживания. Анализ полученных данных.
10. Спектроскоп. Физический принцип работы. Устройство и особенности обслуживания. Анализ полученных данных.
11. Дихроскоп. Физический принцип работы. Устройство и особенности обслуживания. Анализ полученных данных.
12. Определение цветовых характеристик ювелирных кристаллов по системе Gemset GIA
13. Берилл: ювелирные разновидности, минералогические особенности.
14. Корунд: ювелирные разновидности, минералогические особенности.
15. Хризоберилл: ювелирные разновидности, минералогические особенности, основные места добычи.
16. Шпинель: ювелирные разновидности, минералогические особенности, основные места добычи.
17. Ювелирные камни группы гранатов (пиральспиты): минералогические особенности, основные места добычи.
18. Ювелирные камни группы гранатов (уграндиты): минералогические особенности, основные места добычи.
19. Топаз: ювелирные разновидности, минералогические особенности, основные места добычи.
20. Турмалин: ювелирные разновидности, минералогические особенности, основные места добычи.
21. Диопсид: ювелирные разновидности, минералогические особенности, основные места добычи.
22. Оливин: ювелирные разновидности, минералогические особенности, основные места добычи.
23. Циркон: ювелирные разновидности, минералогические особенности, основные места добычи.
24. Сподумен: ювелирные разновидности, минералогические особенности, основные места добычи.
25. Кордиерит, клиногумит, данбурит, фенакит и пр. нетрадиционные ювелирные камни. Геммологические особенности, основные места добычи.
26. Поделочные камни: определение, генетическая классификация и декоративные характеристики.

8.3.2 Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины – 2 и 3 семестр, экзамен.

Максимальное количество баллов за вид контроля из УП 15 баллов. Экзаменационный билет содержит 3 вопроса. 1 вопрос – 10 баллов, вопрос 2 и 3 - 15 баллов каждый.

1. Основные группы искусственных ювелирных монокристаллов и материалов; определения, примеры.
2. Искусственные и природные стекла: номенклатура и характеристики.

3. Основная документация по оценке обработанных ювелирных камней.
4. Описание проведения геммологической экспертизы.
5. Цвет и чистота бриллиантов по GIA и по ТУ. Оценка стоимости бриллиантов и алмазного сырья
6. Определение цветовых параметров ювелирных камней по системе GIA
7. Включения в природных и искусственных ювелирных камнях
8. Рентгеноспектральный микроанализ (микрозонд) в геммологии
9. Спектрометрия комбинационного рассеяния (Рамановская спектроскопия) в геммологии
10. Спектрометрия ЭПР (электронный парамагнитный резонанс) в геммологии

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для экзамена на 2 и 3 семестр.

Экзамен по дисциплине «Диагностика и классификация технических и ювелирных монокристаллов (геммология)» проводится во 2 и 3 семестре и включает контрольные вопросы по разделам учебной программы дисциплины. Билет экзамена состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы **на экзамен** оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 10 баллов, второй – 15 баллов, третий вопрос – 15 баллов.

«Утверждаю» Зав. кафедры химии и технологии кристаллов _____ Аветисов И.Х. «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии кристаллов
	Программа подготовки студентов магистратуры – «Технология функциональных материалов электроники и фотоники»
	«Диагностика и классификация технических и ювелирных монокристаллов (геммология)»
Экзаменационный билет № 1 1. Объекты, задачи и место геммологии среди других наук. 2. Топаз: ювелирные разновидности, минералогические особенности, основные места добычи. 3. Рефрактометр. Физический принцип работы. Устройство и особенности обслуживания. Анализ полученных данных.	

9 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Ахметшин, Э. А. Технология облагораживания ювелирных камней и материалов. Химическое крашение [Электронный ресурс] : учебное пособие / Э. А. Ахметшин. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017. - 59 с. : ил. ; 3,7 усл.печ.л. - Библиогр.: с. 59. - 100 экз. - ISBN 978-5-7237-1449-6 : 19.12 р.
2. Войнич Е.А., Наумов В.П. - Ювелирные камни, Способы и технология их обработки: учебное пособие <https://e.lanbook.com/book/70331>
3. А. А. Майер. Процессы роста кристаллов. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 1999

Б) Дополнительная литература

1. А-651 Андерсон, Б. У. Определение драгоценных камней [Текст] / Б. У. Андерсон ; пер. Л. В. Булгак ; ред. В. П. Петров. - М. : Мир, 1983. - 456 с., 4 л. ил. : ил. - Библиогр.: с. 446-447. - Предм. указ.: с. 448-456. - Б. ц. Перевод изд.: Gem testing/ B.W. Anderson (London etc.)
2. Балицкий, В. С. Синтетические аналоги и имитации природных драгоценных камней [Текст] / В. С. Балицкий, Е. Е. Лисицина. - М. : Недра, 1981. - 158 с. : ил. - Библиогр.: с. 148-157 (410 назв.). - Б. ц.
3. Основы геммологии [Текст] : учеб. пособие / М.И. Фомин, О.В. Соловьева. – Ухта: УГТУ, 2009. – 72 с.: ил. ISBN 978-5-88179-558-0 <http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-osnovy-gemmologii.pdf>

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические пособия рекомендации по выполнению практических работ.

Научно-технические журналы:

- «Кристаллография» ISBN-13: 978-3-527-30504-9
- American Mineralogist ISBN-13: 978-9999708760
- Gems & Gemology (Gemological Institute of America) ISBN 978-3-540-72816-0
- Петрология ISBN: 9780716737438
- Минералогия ISBN 9780190618353
- Mineral Resources Engineering ISBN 978-3-319-58760-8
- Journal of Crystal Growth
- Crystal Research and Technology ISBN 3–540–15556–2

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет

- <http://e.lanbook.com> - ЭБС «Лань»
- <http://lib.muctr.ru/> - Электронно-библиотечная система ИБЦ РХТУ им. Д.И.Менделеева
- <http://onlinelibrary.wiley.com/> - Издательство Wiley
- <http://www.centerprioritet.ru> – СМЦ «Приоритет» - техническая документация исследований (ИКСИ) – заказ литературы, русскоязычные издания
- <https://www.reaxys.com/> - База данных Reaxys и Reaxys Medicinal Chemistry Компании Elsevier
- <http://www.scopus.com> – Scopus
- http://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=R1Ij2TUYmdd7bUatOIJ&preferencesSaved - Ресурсы международной компании Clarivate Analytics
- <http://pubs.rsc.org/> - Royal Society of Chemistry (Королевское химическое общество)
- <https://scifinder.cas.org> - База данных SciFinder компании Chemical Abstracts Service
- <https://www.sciencedirect.com> - Издательство Elsevier на платформе ScienceDirect
- <http://www.scirp.org/journal/Index.aspx> - Scientific research. Open Access
- <http://www.intechopen.com/> - In Tech. Open Science
- <http://bookfi.org/g/> - BookFinder. Самая большая электронная библиотека рунета. Поиск книг и журналов
- <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека
- <http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России
- <http://lib.msu.su> - Научная библиотека Московского государственного университета
- <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
- <http://abc-chemistry.org/ru/> - ABC-Chemistry : Бесплатная научная химическая информация
- <http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - Сайт ФИПС. Информация о патентах
- <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных практических занятий – 18;
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 56);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 36).
- комплекты ограненных и кабошонированных ювелирных камней – презентационный материал;
- расходные материалы для проведения практических занятий – сырьё природных и искусственных ювелирных камней и материалов; тигли и реактивы;
- библиотека тематической литературы более 450 книг;
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который

обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине **«Диагностика и классификация технических и ювелирных монокристаллов (геммология)»** проводятся в форме лекций и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; учебная аудитория для проведения практических занятий, оснащенная геммологическим оборудованием и инструментом - микроскоп, иммерсионскоп, полярископ, рефрактометр, спектроскоп, дихроскоп, УФ-лампа.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Комплекты ограненных и кабошонированных ювелирных камней; комплекты расходных материалов для проведения практических занятий – сырьё природных и искусственных ювелирных камней и материалов.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к практическим занятиям по дисциплине; альбомы и рекламные проспекты с основным геммологическим оборудованием.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Введение в геммологию.	Знает: -современные методы исследования и диагностики ювелирных камней. -общие принципы классификации природных, драгоценных монокристаллических камней и знать их группы -диагностические признаки и критерии природных и искусственных ювелирных монокристаллов и материалов. Умеет: — пользоваться геммологическими приборами и определять свойства ювелирных камней. — определять качественные характеристики природных и искусственных монокристаллов визуально и методами детальных исследований. Владеет: - навыками определения физических и химических свойств природных и искусственных ювелирных монокристаллов на макро- и микроуровне.	Оценка за контрольную работу №1 (2 семестр) Оценка за экзамен (2 семестр)
Раздел 2. Природные ювелирные монокристаллы	Знает: -современные методы исследования и диагностики ювелирных камней. -общие принципы классификации природных, драгоценных монокристаллических камней и знать их группы -диагностические признаки и критерии природных и искусственных ювелирных монокристаллов и материалов.	Оценка за контрольную работу №3 (2 семестр) Оценка за экзамен (2 семестр)

	Умеет: – пользоваться геммологическими приборами и определять свойства ювелирных камней. – определять качественные характеристики природных и искусственных монокристаллов визуально и методами детальных исследований. Владеет: - навыками определения физических и химических свойств природных и искусственных ювелирных монокристаллов на макро- и микроуровне.	
Раздел 3. Модифицированные природные монокристаллы	Знает: -современные методы исследования и диагностики ювелирных камней. -общие принципы классификации природных, драгоценных монокристаллических камней и знать их группы -диагностические признаки и критерии природных и искусственных ювелирных монокристаллов и материалов. Умеет: – пользоваться геммологическими приборами и определять свойства ювелирных камней. – определять качественные характеристики природных и искусственных монокристаллов визуально и методами детальных исследований. Владеет: - навыками определения физических и химических свойств природных и искусственных ювелирных монокристаллов на макро- и микроуровне.	Оценка за контрольную работу №3 (3 семестр) Оценка за <i>экзамен</i> (3 семестр)
Раздел 4. Искусственные аналоги природных монокристаллов и их имитации	Знает: -современные методы исследования и диагностики ювелирных камней. -общие принципы классификации природных, драгоценных монокристаллических камней и знать их группы -диагностические признаки и критерии природных и искусственных ювелирных	Оценка за контрольную работу №1 (3 семестр) Оценка за <i>экзамен</i> (3 семестр)

	монокристаллов и материалов. Умеет: – пользоваться геммологическими приборами и определять свойства ювелирных камней. – определять качественные характеристики природных и искусственных монокристаллов визуально и методами детальных исследований. Владеет: - навыками определения физических и химических свойств природных и искусственных ювелирных монокристаллов на макро- и микроуровне.	

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);
- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;
- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Рабочий лист для идентификации ювелирных камней

Фамилия, имя		Дата		Результат	
Образец	Серия №				
Масса, ct					
Размер, мм					
Тип и форма огранки					
Цвет				Дополнительные замечания	
Прозрачность					
Полярископ	Оптически изотропный ☐	Оптически анизотропный ☐	Двупреломляющий агрегат ☐	Аномальное двупреломление ☐	
Коноскоп	Нет оптической фигуры ☐	Оптически одноосный ☐	Оптически двуосный ☐	Оптическая активность ☐	
Рефрактометр	Площадка		Боковая грань		Основные показатели преломления
					N_o
					N_e
					N_p
					N_m
					N_g
					$N > 1.81$
Максимальное двупреломление					
Осность Оптический знак	Оптически одноосный ☐	Оптически двуосный ☐	Оптически отрицательный ☐	Оптически положительный ☐	
Микроскоп					
Дихроскоп	Плеохроизм отсутствует ☐	Сильный ☐	Цвета плеохроизма		
	Умеренный ☐	Слабый ☐			
Спектроскоп			Плотность, г/см ³		
			Метод		
☐ ☐					
Результат исследований	Правильно ☐		Результат	Правильно ☐	
	Неправильно			Неправильно	

Дополнения и изменения к рабочей программе
«Диагностика и классификация технических и ювелирных монокристаллов
(геммология)»
основной образовательной программы
 18.04.01 Химическая технология
 магистерская программа
 «Технология функциональных материалов электроники и фотоники»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
2.		протокол заседания Ученого совета № _____ от « ____ » _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«ГЕТЕРОФАЗНЫЕ ПЛЕНОЧНЫЕ СТРУКТУРЫ»**

**Направление подготовки
18.04.01 Химическая технология**

**Магистерская программа
«Технология функциональных материалов электроники и фотоники»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена:

Д.х.н., профессор, заведующий кафедрой химии и технологии кристаллов Аветисов И.Х.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И. Менделеева

(Наименование кафедры)

«23» мая 2025 г., протокол № 13.

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 Химическая технология**, магистерская программа: **«Технология функциональных материалов электроники и фотоники»**, накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *химии и технологии кристаллов* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 2 и 3 семестров.

Дисциплина **«Гетерофазные пленочные структуры»** относится к части дисциплин учебного плана, формируемых участниками образовательных отношений, дисциплинам по выбору. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области ...

Цель дисциплины – состоит в обучение студентов магистратуры знаниям, умениям и навыкам использования информации о методах и оборудовании для производства гетерофазных пленочных структур для приборов фотоники и электроники.

Задачи дисциплины – основные задачи дисциплины заключаются в

- формировании у студентов магистратуры системных углубленных знаний в области процессов и технологий материалов для изготовления гетерофазных структур
- на основе этих знаний выработке системного подхода к постановке, выполнению и анализу результатов научных исследований в указанной области материаловедения.

Дисциплина **«Гетерофазные пленочные структуры»** преподается в 1-ом, 2-ом и 3-ем семестрах. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2 ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-2 Способен к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи	ПК-2.3 Владеет навыками соотнесения результатов собственной научной работы с отечественным и зарубежным опытом по тематике исследования	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт 40.039 «Специалист в области разработки полупроводниковых лазеров», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция С/03.7. Научно-техническое сопровождение изготовления опытной партии разработанной новой модели полупроводникового лазера (уровень квалификации – 7).

Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-4 Способен разрабатывать новые материалы и изделия электроники и наноэлектроники	ПК-4.1 Знает физические принципы работы материалов и изделий электроники и наноэлектроники ПК-4.2 Умеет подбирать материалы для создания изделий электроники и наноэлектроники с заданными функциональными свойствами ПК-4.3 Владеет навыками создания материалов и изделий электроники и наноэлектроники с заданными свойствами	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт 29.002 «Специалист технического обеспечения технологических процессов производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. N 598н Обобщенная трудовая функция Ф. Координация работ по технической подготовке и сопровождению производства приборов квантовой электроники и фотоники на базе нанотехнологий. Ф/02.7 Разработка требований к уровню технической подготовки производства и контрольных показателей для его оценки (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.037 «Специалист по разработке технологий

				производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция Е. Разработка концепции технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов(Е/03.7 Разработка технологической концепции производства нового прибора (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.039 «Специалист в области разработки полупроводниковых лазеров», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция С/03.7. Научно-техническое сопровождение изготовления опытной партии разработанной новой модели полупроводникового лазера (уровень квалификации – 7).
Выполнение фундаментальных и прикладных работ	Химическое, химико-технологическое	ПК-5 Способен осуществлять комплексный анализ	ПК-5.1 Знает современные требования к	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на

поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	научных основ технологии новых материалов и изделий электроники и наноэлектроники	функциональным характеристиками материалов и изделий электроники и наноэлектроники ПК-5.2 Умеет модифицировать имеющиеся материалы для нужд создания новых изделий электроники и наноэлектроники	рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт 29.002 «Специалист технического обеспечения технологических процессов производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. N 598н Обобщенная трудовая функция Ф. Координация работ по технической подготовке и сопровождению производства приборов квантовой электроники и фотоники на базе нанотехнологий. Ф/02.7 Разработка требований к уровню технической подготовки производства и контрольных показателей для его оценки (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.037 «Специалист по разработке технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной

				защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция Е. Разработка концепции технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов(Е/03.7 Разработка технологической концепции производства нового прибора (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.039 «Специалист в области разработки полупроводниковых лазеров», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция С/03.7. Научно-техническое сопровождение изготовления опытной партии разработанной новой модели полупроводникового лазера (уровень квалификации – 7).

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:
знать:

- Классификация методов получения пленок в технологиях гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники.
- Основные неорганические и органические материалы и индивидуальные вещества, которые используются для получения активных и пассивных слоев современных гетерофазных структур для приборов электроники и фотоники.
- Физико-химические основы технологий гетерофазных структур на основе неорганических и органических химических соединений.
- Закономерности формирования собственных и примесных точечных дефектов в неорганических и органических материалах при получении гетерофазных структур различными методами.
- Современные технологии формирования гетерофазных структур для фотоники и электроники.
- Классификация оборудования для получения пленок в технологиях гетерофазных пленочных структур для приборов электроники.
- Основные этапы проектирования приборов электроники на основе гетерофазных пленочных структур.
- Технологические и эксплуатационные требования к оборудованию для производства гетерофазных пленочных структур.
- Факторы, определяющие технологические потери при производстве гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники.
- Современные информационные базы данных, содержащих физико-химические характеристики веществ, на основе которых формируются гетерофазные пленочные структуры изделий электроники и фотоники.
- Современные отечественные и международные стандарты в технологиях материалов и структур электроники и фотоники.

уметь:

- Извлекать информацию о физико-химических характеристиках веществ, на основе которых формируются гетерофазные пленочные структуры изделий электроники, современные баз данных отечественных и зарубежных производителей.
- Формировать пакет входных экспериментальных данных в различные системы численного моделирования для расчета процессов синтеза многокомпонентных гетерофазных структур.
- Осуществлять выбор методов и оборудования для производства гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники.
- Анализировать информацию и на ее основе осуществлять выбор материалов и технологий для создания гетерофазных пленочных структур для приборов фотоники и электроники различного функционального назначения.
- Ориентироваться в выборе оптимального набора методов контроля состава, морфологии и функциональных параметров гетерофазных пленочных структур, формируемых различными методами.
- Выбирать методы формирования гетерофазных многослойных пленочных структур с заданными функциональными характеристиками.
- Составлять компоненты технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEMI).

владеть:

- Информацией о современных и перспективных методах получения гетерофазных пленочных структур пленок для различных приборов электроники.
- Информацией по методам контроля параметров пленочных структур
- Навыками работы с современными информационными ресурсами в области хранения и обработки данных по физико-химическим характеристикам веществ, на основе которых формируются гетерофазные пленочные структуры изделий электроники,
- Методами формирования гетерофазных пленочных структур с толщинами от единиц нанометров до сотен микрон для приборов фотоники и электроники.
- Современными способами контроля состава, морфологии и функциональных параметров гетерофазных пленочных структур, формируемых различными методами.
- Современными способами контроля функциональных характеристик отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур для изделий фотоники и электроники.

3 ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего		Семестр					
			1 семестр		2 семестр		3 семестр	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	12	432	3	108	3	108	6	216
Контактная работа – аудиторные занятия:	6	221	1.5	51	1	34	3.5	136
в том числе в форме практической подготовки	0,5	17					0.5	17
Лекции	2	67	0.5	17	0.5	16	1	34
Практические занятия (ПЗ)	2.5	86	1	34	0.5	18	1	34
Лабораторные работы (ЛР)	2	68	0	0	0	0	2	68
в том числе в форме практической подготовки	0,5	17					0,5	17
Самостоятельная работа	4	139	1,5	57	1	38	1.5	44
Контактная самостоятельная работа		0,4		0,4		-		-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		138,6		56,6		38		44
Виды контроля:								
Зач. с оценкой			+					
Экзамен	2	72	-	-	1	36	1	36
Контактная работа – промежуточная аттестация		0,8			1	0,4		0.4
Вид итогового контроля:			Зач. с оценкой		Экзамен		Экзамен	

Вид учебной работы	Всего		Семестр					
			1 семестр		2 семестр		3 семестр	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.

Общая трудоемкость дисциплины	12	324	3	81	3	81	6	162
Контактная работа – аудиторные занятия:	6	165,8	1,5	38,3	1	25,5	3,5	102
в том числе в форме практической подготовки	0,5	12,8					0,5	12,8
Лекции								
Практические занятия (ПЗ)								
Лабораторные работы (ЛР)								
в том числе в форме практической подготовки								
Самостоятельная работа	4	104,3	1,5	42,8	1	28,5	1,5	33
Контактная самостоятельная работа		0,3		0,3				
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		104		41,5		28,5	33	
Виды контроля:								
Зач. с оценкой								
Экзамен	2	54	-	-	1	27	1	27
Контактная работа – промежуточная аттестация					1	0,3	1	0,3
Подготовка к экзамену.						26,7		26,7
Вид итогового контроля:			Зач. с оценкой		Экзамен		Экзамен	

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Всего	Лекции	Прак. зан.	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
1	Раздел 1. Физико-химические основы технологии гетерофазных структур.	64	12	20			32
2	Раздел 2. Технологии гетерофазных структур с электрической системой обработкой информации.	44	5	14			25
3	Раздел 3. Технологии гетерофазных структур с оптической системой обработкой информации.	46	10	12			24
4	Раздел 4. Технологии гетерофазных структур с магнитной системой обработкой информации.	27	7	6			14
5	Раздел 5. Информационные системы и системы численного моделирования для технологий гетерофазных структур.	136	18	18	28	7	24
6	Раздел 6. Современные методы контроля состава, морфологии и функциональных параметров гетерофазных пленочных структур для фотоники и электроники.		16	16	40	10	20
	ИТОГО	378	67	87	68	17	139
	Экзамен	72					
	ИТОГО	432					

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Физико-химические основы технологии гетерофазных структур.

Классификация методов получения гетерофазных пленочных структур на основе термодинамического анализа процессов. Характеристики методов получения гетерофазных пленочных структур при нормальных и пониженных статических давлениях. Термодинамические основы метода послойного атомного осаждения. Термодинамические особенности молекулярно-лучевого осаждения. Термодинамические особенности методов формирования структур на основе фаз высокого давления. Растворные и расплавные методы формирования гетерофазных пленочных структур для приборов фотоники и электроники различного функционального назначения.

Классификация гетерофазных структур. Понятие гетерофазной структуры. Классификация гетерофазных структур по различным признакам - размерность, слоистость, количество используемых фаз, агрегатное и структурное состояние отдельных слоев гетерофазных структур. Классификация основных веществ, используемых при изготовлении гетерофазных пленочных структур для приборов фотоники и электроники по признакам термодинамической фазы, агрегатного состояния, химического состава. Металлы, эвтектические сплавы, бинарные и многокомпонентные химические соединения, твердые растворы и их термодинамические характеристики. Коассификация способов формирования гетерофазных структур, исходя из термодинамических характеристик, включая многослойные пленочные структуры. Прогнозирование физико-химических свойств химических соединений с использованием метода термодинамических инкрементов.

Общий подход к анализу физико-химических данных о системах, используемых при разработке технологии гетерофазных структур.

Физико-химические свойства кремния и германия. Технологии монокристаллического и аморфного кремния и германия для различных типов устройств.

Фазовые равновесия в системах АЗ-В5. Характеристика физических, электрофизических, и оптоэлектрических свойств химических соединений типа АЗВ5. Технология монокристаллов, пленочных структур соединений АЗВ5 и твердых растворов на их основе.

Фазовые равновесия в системах А2-В6. Характеристика физических, электрофизических, и оптоэлектрических свойств химических соединений типа А2В6.

Материалы для высокотемпературной сверхпроводимости. Особенности фазового состава и технологии синтеза.

Характеристика физико-химических, физических и электрофизических свойств некоторых материалов, широко используемых при изготовлении пассивных элементов в технологиях гетероструктур: металлы, оксиды, нитриды.

Органические полупроводниковые материалы. Классификация по основным группам органических химических соединений. Жидкие кристаллы. Классификация, основные характеристики, методы получения.

Технология неорганических люминофоров. Классификация люминофоров по различным признакам. Основные классы химических соединений, используемых для синтеза неорганических люминофоров. Взаимосвязь между условиями синтеза и характеристиками люминофоров. Способы формирования тонкопленочных люминесцентных структур при различных способах их возбуждения. Технологии люминесцентных квантовых точек.

Раздел 2. Технологии гетерофазных структур с электрической системой обработкой информации.

Полупроводниковые приборы на основе неорганических и органических материалов. Технология интегральных схем. Классификации интегральных схем (ИС) по различным признакам. Технология полупроводниковых ИС на основе Si. Технология

изготовления пластин для ИС из монокристаллической булы. Физико-химические основы и техника легирования кремниевых микросхем. Фазовые равновесия и кинетика гетерофазных процессов в системе Si-O. Технология диэлектрических покрытий на основе оксидов кремния. Фотолитография. Травление. Особенности технологии ИС на основе GaAs. Основные типы структур активных элементов, используемых при создании ИС: диффузионно-планарная структура, эпитаксиально-планарная структура, Эпитаксиально-планарная структура со скрытым слоем, структура с диэлектрической изоляцией, изопланарная структура, полипланарная структура, МДП структура, Эпитаксиально-планарный транзистор с диодом Шоттки, структура с инжекционно-интегральной логикой. Технология гибридных ИС. Технология толсто пленочных микросхем. Технология транзисторов на органических полупроводниках.

Технология керамических мишеней для магнетронного и электронно-лучевого распыления. Использование диаграмм Эллингхема в технологии тройных соединений. Технология «мокрого» легирования порошковых препаратов. Технология высокотемпературного прессования при контролируемом химическом потенциале одного из компонентов. Технология активационного отжига по методу Ван-Доорна.

Раздел 3. Технологии гетерофазных структур с оптической системой обработкой информации.

Технология приборов воспроизведения изображения. Понятие цвета, диаграмма цветности, цветовые измерения, Цветовая система МКО. Основные системы представления цвета, аналоговое и цифровое представление цвета. Технология активного жидкокристаллического дисплея с транзисторной матрицей на основе Si. Топология активного жидкокристаллического дисплея. Фазовые равновесия в системе Si-H. Особенности получения тонких слоев аморфного нефоточувствительного кремния. Формирование транзисторной матрицы. Моделирование и особенности технологии тонкопленочных неорганических светофильтров. Особенности фотолитография прозрачных проводящих покрытий $\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$. Технология электронно-лучевых трубок. Технология вакуумного флуоресцентного дисплея. Технология плазменной панели. Технология электросмачивающего дисплея.

Технология видеоконв для передачи цветного телевизионного изображения. Технология матричных приборов с зарядовой связью (CCD матрицы): топология, принцип действия, основные характеристики. Технология фоточувствительных структур на основе матрицы КМОП транзисторов: топология, принцип действия, сравнительные характеристики. Пространственно-временные модуляторы света. Назначение и принцип действия основных типов ПВМС. Технология материалов для изготовления активной структуры ПВМС. Технология пространственно-временного преобразователя света (для видимого диапазона) на основе поликристаллического сульфида кадмия. Технология электростатического проекционного дисплея на основе деформируемых микрозеркальных устройств.

Органическая электролюминесценция. Особенности механизмов люминесценции ОСИД. Теоретическая модель органических светоизлучающих диодов. Методика подбора материалов для создания гетерофазной ОСИД. Технология органического электролюминесцирующего дисплея. Технология полимерного электролюминесцирующего дисплея.

Раздел 4. Технологии гетерофазных структур с магнитной системой обработкой информации.

Классификация основных магнитных и магнитооптических материалов. Магнитная микроэлектроника и магнитооптика. Основные характеристики магнитооптических материалов. Технологии вертикальной магнитной записи.

Раздел 5. Информационные системы и системы численного моделирования для технологий гетерофазных структур.

Современные информационные системы по физико-химическим свойствам материалов для изготовления гетерофазных структур различного функционального назначения.

Современные информационные системы проектирования гетерофазных структур (SIM OLED, CRYST MAX...)

Современные системы численного моделирования диаграмм фазовых равновесий и их использование для выбора условий получения гетерофазных тонкопленочных структур различного функционального назначения.

Современные системы численного моделирования тепло-массопереноса в технологиях гетерофазных структур различного функционального назначения.

Раздел 6. Современные методы контроля состава, морфологии и функциональных параметров гетерофазных пленочных структур для фотоники и электроники.

Экспериментальные методы исследования материалов электроники и фотоники и гетерофазных структур на их основе с помощью электронной микроскопии. Возможности современных сканирующих электронных микроскопов с различными системами формирования энергетических пучков. Особенности математической обработки сигналов электронных и ионных систем анализа поверхности материалов. Методы анализа фазового, структурного и элементного состава в современных системах сканирующей электронной микроскопии. Особенности применения рентгено-флуоресцентного анализа в режимах энерго-дисперсионного и волнового измерения.

Сравнительный анализ возможностей современных систем рентгеновской дифракции. Особенности программного обеспечения для обработки результатов дифрактограмм кристаллических, аморфных и наноразмерных объектов.

Экспериментальные методы исследования материалов микропримесного состава материалов для фотоники и электроники включают методы масс-спектрометрии с различными вариантами пробоподготовки. Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой. Масс-спектрометрия с плазмой тлеющего разряда. Вторично-ионная масс-спектрометрия. Особенности пробоподготовки препаратов для проведения анализов. Обработка интерференций в масс-спектрометрических исследованиях. Работа со стандартными образцами.

Экспериментальные методы исследования спектрально-люминесцентных характеристик объемных, поликристаллических и тонкопленочных материалов для фотоники и электроники. Математическая обработка спектральных и спектрально-кинетических данных. Причины уширения спектров люминесценции – однородное и неоднородное уширение. Штарковское расщепление линий. Спектры люминесценции многоцентровых материалов. Разложение спектров на элементарные компоненты. Отделение линий штарковских компонент одного центра от линий, образованных разными центрами свечения.

Кинетика затухания люминесценции, разрешенные и неразрешенные переходы. Влияние на кинетику кооперативных процессов и ион-ионного взаимодействия. Влияние на кинетику температурного, концентрационного и примесного тушения люминесценции. Расчет квантового выхода. Построение кинетических кривых и расчет времени жизни сложных, многоцентровых люминофоров.

Теоретические основы оптических методов измерения толщин тонких пленок в динамическом режиме. Лазерная интерферометрия Лазерная эллипсометрия. Фотометрия. Метод светового сечения. Пьезотензиметрический метод определения массы растущей

пленки. Методы определения толщин проводящих (металлических) пленок. интерферометрия, рефлектометрия, эллипсометрия и спектрофотометрия.

Особенности рентгенофлуоресцентного метода анализа состава для определения составов однослойных и двухслойных многокомпонентных пленок на примере системы Fe-Ni-Mo/Cr.

Особенности применения методов емкостной спектроскопии для проведения онлайн измерений функциональных характеристик отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур для изделий фотоники и электроники. Лазерно-индуцированные методы измерения люминесцентных и оптических характеристик отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур для изделий фотоники и электроники.

5 СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6
	Знать:						
1	– Классификация методов получения пленок в технологиях гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники.	+	+	+	+		
2	– Основные неорганические и органические материалы и индивидуальные вещества, которые используются для получения активных и пассивных слоев современных гетерофазных структур для приборов электроники и фотоники.	+	+	+	+		+
3	– Физико-химические основы технологий гетерофазных структур на основе неорганических и органических химических соединений.	+	+	+	+	+	+
4	– Закономерности формирования собственных и примесных точечных дефектов в неорганических и органических материалах при получении гетерофазных структур различными методами.		+	+	+	+	+
5	– Современные технологии формирования гетерофазных структур для фотоники и электроники.	+	+	+	+		
6	– Классификация оборудования для получения пленок в технологиях гетерофазных пленочных структур для приборов электроники.	+	+	+	+		
7	– Основные этапы проектирования приборов электроники на основе гетерофазных пленочных структур.	+	+	+	+	+	+
8	– Технологические и эксплуатационные требования к оборудованию для производства гетерофазных пленочных структур.	+	+	+	+		
9	– Факторы, определяющие технологические потери при производстве гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники.		+	+	+		
10	– Современные информационные базы данных, содержащих физико-химические характеристики веществ, на основе которых формируются гетерофазные пленочные структуры изделий электроники и фотоники.					+	+
11	– Современные отечественные и международные стандарты в технологиях материалов и структур электроники и фотоники	+	+	+	+		+

	Уметь:						
12	– Извлекать информацию о физико-химических характеристиках веществ, на основе которых формируются гетерофазных пленочные структуры изделий электроники, современные баз данных отечественных и зарубежных производителей.	+	+	+	+	+	
13	– Формировать пакет входных экспериментальных данных в различные системы численного моделирования для расчета процессов синтеза многокомпонентных гетерофазных структур.		+	+	+	+	
14	– Осуществлять выбор методов и оборудования для производства гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники.	+	+	+	+	+	+
15	– Анализировать информацию и на ее основе осуществлять выбор материалов и технологий для создания гетерофазных пленочных структур для приборов фотоники и электроники различного функционального назначения.	+	+	+	+		+
16	– Ориентироваться в выборе оптимального набора методов контроля состава, морфологии и функциональных параметров гетерофазных пленочных структур, формируемых различными методами.	+	+	+	+	+	+
17	– Выбирать методы формирования гетерофазных многослойных пленочных структур с заданными функциональными характеристиками.	+	+	+	+	+	
18	– Составлять компоненты технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEMI).	+	+	+	+	+	
	Владеть:						
19	– Информацией о современных и перспективных методах получения гетерофазных пленочных структур пленок для различных приборов электроники.	+	+	+	+		
20	– Информацией по методам контроля параметров пленочных структур	+	+	+	+		+
21	– Навыками работы с современными информационными ресурсами в области хранения и обработки данных по физико-химическим характеристикам веществ, на основе которых формируются гетерофазных пленочные структуры изделий электроники,	+	+	+	+	+	

22	– Методами формирования гетерофазных пленочных структур с толщинами от единиц нанометров до сотен микрон для приборов фотоники и электроники.	+	+	+	+	+	
23	– Современными способами контроля состава, морфологии и функциональных параметров гетерофазных пленочных структур, формируемых различными методами.	+	+	+	+		+
24	– Современными способами контроля функциональных характеристик отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур для изделий фотоники и электроники.	+	+	+	+		+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</u>							
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК					
25	ПК-2 Способен к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи	ПК-2.3 Владеет навыками соотнесения результатов собственной научной работы с отечественным и зарубежным опытом по тематике исследования	+	+	+	+	+
26	ПК-4 Способен разрабатывать новые материалы и изделия электроники и наноэлектроники	ПК-4.1 Знает физические принципы работы материалов и изделий электроники и наноэлектроники	+	+	+	+	
27		ПК-4.2 Умеет подбирать материалы для создания изделий электроники и наноэлектроники с заданными функциональными свойствами	+	+	+	+	+
28		ПК-4.3 Владеет навыками создания материалов и изделий электроники и наноэлектроники с заданными свойствами	+	+	+	+	+

29	ПК-5 Способен осуществлять комплексный анализ научных основ технологии новых материалов и изделий электроники и наноэлектроники	ПК-5.1 Знает современные требования к функциональным характеристиками материалов и изделий электроники и наноэлектроники	+	+	+	+	+	+
30		ПК-5.2 Умеет модифицировать имеющиеся материалы для нужд создания новых изделий электроники и наноэлектроники -	+	+	+	+	+	+

6 ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1 Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 1.	Расчет электрофизических и оптических свойств многослойных структур на основе металлов, оксидов и нитридов	6
2	Раздел 1.	Расчет условий формирования многослойных структур при воздействии высоких давлений	6
3	Раздел 1.	Расчет характеристик пленочных структур на основе данных о собственных и примесных точечных дефектов в материалах структур	6
4	Раздел 1.	Расчет скорости формирования эпитаксиальной пленки на основе твердых растворов AlB ₅ при выращивании из расплава.	2
5	Раздел 2.	Расчет физико-химических свойств химических соединений методом термодинамических инкрементов.	4
6	Раздел 2.	Расчет условий синтеза пленочных фоточувствительных структур на основе сульфида кадмия	4
7	Раздел 2.	Расчет диффузионной толщины гетероструктур AlB ₅	6
8	Раздел 3.	Расчет дисперсии фотолитографического процесса формирования активных элементов интегральных схем	4
9	Раздел 3.	Обработка результатов лазерной интерферометрии, лазерной эллипсометрии, фотометрических измерений	4
10	Раздел 3.	Расчет толщины слоя органического люминофора, осаждаемого методом вакуумного термического испарения	4
11	Раздел 4.	Освоение режимов работы и приобретение навыков пробоподготовки образцов для съемки спектров фотолюминесценции	3
12	Раздел 4.	Освоение компьютерных программ обработки спектров фотолюминесценции и кинетики затухания люминесценции.	3
13	Раздел 5.	Освоение компьютерных программ расчета и моделирования физико-химическим свойствам материалов для изготовления гетерофазных структур различного функционального назначения приобретение навыков пользования ими.	6
14	Раздел 5.	Освоение систем численного моделирования диаграмм фазовых равновесий для выбора условий получения гетерофазных тонкопленочных структур различного функционального назначения.	6
15	Раздел 5.	Освоение компьютерных программ расчета и моделирования многослойных структур с данными электролюминесцентными свойствами.	6
16	Раздел 6.	Обработка результатов РСА и РФА.	8

№ п/п	№ раздела дисципли ны	Темы практических занятий	Часы
17	Раздел 6.	Обработка результатов энергодисперсионного анализа при исследовании образцов в сканирующем электронном микроскопе	4
18	Раздел 6.	Интерпретация результатов рентгенофлуоресцентного анализа при определении однослойных и двухслойных многокомпонентных пленок	4
			86

Учебным планом подготовки студентов магистратуры по направлению 18.04.01 предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине «Физическая химия материалов для гетерофазных пленочных структур различного функционального назначения» в объеме 34 часов (1 зач. ед.). Практические занятия проводятся под руководством преподавателя и направлены на углубление теоретических знаний, полученных студентом магистратуры на лекционных занятиях, формирование понимания связей между теоретическими положениями химической технологии и методологией решения практических задач по тематике лекций, приобретение навыков применения теоретических знаний в практической работе.

6.2 Лабораторные занятия

Примеры лабораторных работ по дисциплине «Гетерофазные пленочные структуры» (3 семестр).

№ п/п	Раздел	Наименование лабораторных работ	Часы
1.	Раздел 1.	Синтез нестехиометрического сульфида цинка	10
2.	Раздел 2.	Анализ отклонения от стехиометрии в нестехиометрическом сульфиде цинка	8
3.	Раздел 3.	Освоение режимов работы и приобретение навыков пробоподготовки, выбора режима съемки и обработки результатов сканирующей электронной микроскопии	10
4.	Раздел 3.	Синтез органического порошкового люминофора, его очистка методом вакуумной сублимации,	6
5.	Раздел 3.	Формирование многослойной гетерофазной тонкопленочной светоизлучающей диодной структуры	6
6.	Раздел 6.	Измерения характеристик многослойной гетерофазной тонкопленочной светоизлучающей диодной структуры	4
7.	Раздел 5.	Построение сеточной модели для расчета процесса тепло-массопереноса при выращивании кристаллов из расплава	6
8.	Раздел 5.	Численное моделирование процесса тепло-массопереноса при выращивании кристаллов из расплава	6
9.	Раздел 6.	Подготовка пробы органического порошкового люминофора для проведения исследований микропримесного состава методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой	4
10.	Раздел 6.	Проведение измерений и обработка результатов масс-спектральных исследований примесного состава	8

7 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины «Гетерофазные пленочные структуры» предусмотрена самостоятельная работа студента в объеме 128 акад. час., в том числе самостоятельное изучение разделов дисциплины и выполнение домашних заданий в объеме 63 акад. час., подготовку реферата в объеме 9 акад. час., а также выполнения курсового проекта.

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает следующие виды:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- подготовку реферата по тематике курса на основе проработки рекомендованной литературы и работы с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче зачета и зачета с оценкой.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8 ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине в 2 семестре складывается из оценок за практические занятия (максимальная оценка 80 баллов), реферата (максимальная оценка 20 баллов);

Совокупная оценка по дисциплине в 3 семестре складывается из оценок за практические занятия (максимальная оценка 45 баллов), реферата (максимальная оценка 15 баллов) контроля в форме зачета с оценкой (максимальная оценка 100 баллов).

8.1 Примерная тематика расчетной работы

Расчетная работа по дисциплине выполняется в 8 семестре в часы, выделенные учебным планом на самостоятельную работу. Максимальная оценка расчетной работы – 20 баллов.

Тематика расчетной работы: «Расчет процесса вакуумного термического напыления тонкопленочной структуры».

8.2 Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Реферат по дисциплине выполняется во 2 семестре в часы, выделенные учебным планом на самостоятельную работу. Максимальная оценка реферата – 20 баллов.

Примерные тематики рефератов:

- Современные тенденции в области пучковых технологий.
- Исследования процессов вакуумного испарения многокомпонентных систем.
- Современные конструкции термических испарителей при производстве ОСИД дисплеев.
- Современные тенденции в создании тонкопленочных прозрачных проводящих слоев для устройств отображения информации.
- История создания и современные тенденции развития технологий тонкопленочных структур при производстве интегральных схем с топологическими нормами менее 25 нм.
- Нанолитография и ее применение при производстве современных микросхем.
- Способы формирования тонкопленочных светофильтров в полноцветных устройствах отображения информации.
- Современные достижения в области высоковакуумных производственных систем.
- Современная технология моно- поликристаллического и аморфного кремния и германия для различных типов устройств.
- Исследования полиморфизма в нестехиометрических фазах соединений A^2B^6 .
- Применение полупроводникового арсенида галлия в технологиях СВЧ устройств и оптоэлектроники.
- Современные тенденции в создании тонкопленочных прозрачных проводящих слоев для устройств отображения информации.
- История создания и современные тенденции развития технологий жидкокристаллических устройств.
- Современное развитие технологий неорганических люминофоров.
- Современные тенденции развития технологий интегральных схем.
- Модифицирование технологии фотолитографии: от миллиметров до нанометров.
- Способы представления цвета в устройствах отображения информации.
- Пассивные и активные тонкопленочные структуры тонкопленочных светодиодных излучающих устройств.
- Технология QLED против технологии OLED.

8.3 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 1 тест (по 1 разделу) и 2 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы составляет по 15 баллов за каждую.

Семестр 1

1. Классификация гетерофазных структур.
2. Классификация гетерофазных структур по размерности.
3. Классификация гетерофазных структур по количеству используемых фаз.
4. Классификация гетерофазных структур по агрегатному состоянию отдельные слоев гетерофазных структур.
5. Классификация гетерофазных структур по структурному состоянию отдельные слоев гетерофазных структур.
6. Общий подход к анализу физико-химический данных о системах, используемых при разработке технологии гетерофазных структур.

7. Физико-химические свойства кремния как полупроводникового материала.
8. Физико-химические свойства германия как полупроводникового материала.
9. Технология монокристаллического кремния для технологии интегральных схем.
10. Технология поликристаллического кремния для получения монокристаллического кремния полупроводникового качества.
11. Технология аморфного кремния для прозрачной транзисторной матрицы приборов отображения информации.
12. Технология монокристаллического германия для охлаждаемых матричных детекторов.
13. Технология монокристаллического арсенида галлия для полупроводниковых приборов фотоники и СВЧ электроники.
14. Технология монокристаллического фосфида индия для полупроводниковых приборов фотоники и СВЧ электроники.
15. Технологии нитридов алюминия и галлия для светодиодных устройств.
16. Номенклатура и характеристики промышленных монокристаллов A^3B^5 .
17. Физико-химические характеристики халькогенидов цинка и кадмия.
18. Технология фоточувствительных пленочных структур на основе сульфида и теллурида кадмия.
19. Жидкие кристаллы. Классификация, основные характеристики, методы получения.
20. Классификация люминофоров по различным признакам.
21. Основные классы химических соединений, используемых для синтеза неорганических люминофоров.
22. Технологии синтеза неорганических люминофоров.
23. Взаимосвязь между условиями синтеза и характеристиками люминофоров.
24. Способы формирования тонкопленочных люминесцентных структур при различных способах их возбуждения.
25. Классификации интегральных схем (ИС) по различным признакам.
26. Технология изготовления пластин для ИС из монокристаллической булы.
27. Фазовые равновесия и кинетика гетерофазных процессов в системе Si-O.
28. Технология диэлектрических покрытий на основе оксидов кремния.
29. Основные типы структур активных элементов, используемых при создании ИС: диффузионно-планарная структура, эпитаксиально-планарная структура.
30. Технология гибридных интегральных схем.
31. Понятие цвета, диаграмма цветности, цветовые измерения.
32. Цветовая система МКО. Основные системы представления цвета, аналоговое и цифровое представление цвета.
33. Фазовые равновесия в системе Si-H.
34. Формирование транзисторной матрицы на основе аморфного кремния.
35. Технология электронно-лучевых трубок.
36. Технология вакуумного флуоресцентного дисплея.
37. Технология плазменной панели.
38. Технология электросмачивающего дисплея.
39. Основные классы органических люминесцирующих структур.
40. Теоретическая модель органических светоизлучающих диодов.
41. Технология органического электролюминесцирующего дисплея.

Семестр 2

Раздел 1. Максимальная оценка – 30 баллов

1. Современные информационные системы по физико-химическим свойствам материалов для изготовления гетерофазных структур различного функционального назначения.
2. Современные системы численного моделирования диаграмм фазовых равновесий и их использование для выбора условий получения гетерофазных тонкопленочных структур различного функционального назначения.

Раздел 2. Максимальная оценка – 30 баллов

1. Экспериментальные методы исследования материалов электронной техники и гетерофазных пленочных структур с помощью электронной микроскопии.
2. Возможности современных сканирующих электронных микроскопов с различными системами формирования энергетических пучков.
3. Особенности математической обработки сигналов электронных и ионных систем анализа поверхности материалов.
4. Методы анализа фазового, структурного и элементного состава в современных системах сканирующей электронной микроскопии.
5. Особенности применения рентгено-флуоресцентного анализа в режимах энерго-дисперсионного и волнового измерения.
6. Возможности современных систем рентгеновской дифракции.
7. Особенности программного обеспечения для обработки результатов дифрактограмм кристаллических, аморфных и наноразмерных объектов.

Семестр 3

Раздел 3. Максимальная оценка – 30 баллов

1. Экспериментальные методы исследования микропримесного состава объемных препаратов в виде твердых фаз
2. Экспериментальные методы исследования микропримесного состава объемных препаратов в форме растворов.
3. Особенности пробоподготовки твердых фаз для проведения исследований микропримесного состава методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой
4. Способы борьбы с интерференциями пиков в методах масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и плазмой тлеющего разряда
5. Способы снижения пределов определения концентраций примесей в различных методах исследованиях микропримесного состава
6. Особенности количественного анализа микропримесного состава методом вторично-ионной масс-спектрометрии

Раздел 4. Максимальная оценка – 30 баллов

1. Экспериментальные методы исследования спектрально-люминесцентных характеристик объемных, поликристаллических и тонкопленочных материалов для фотоники и электроники.
2. Особенности математической обработки спектральных и спектрально-кинетических данных.

3. Причины уширения спектров люминесценции – однородное и неоднородное уширение.
4. Штарковское расщепление линий.
5. Спектры люминесценции многоцентровых материалов.
6. Разложение спектров на элементарные компоненты.
7. Кинетика затухания люминесценции
8. Влияние на кинетику затухания люминесценции кооперативных процессов и ион-ионного взаимодействия.
9. Влияние на кинетику затухания люминесценции температурного, концентрационного и примесного тушения люминесценции.
10. Расчет квантового выхода.
11. Построение кинетических кривых и расчет времени жизни сложных, многоцентровых люминофоров.

Раздел 5. Максимальная оценка – 25 баллов

3. Классификация основных веществ, используемых при изготовлении гетерофазных пленочных структур для приборов фотоники по признаку термодинамической фазы.
4. Классификация основных веществ, используемых при изготовлении гетерофазных пленочных структур для приборов электроники по признаку термодинамической фазы.
5. Классификация основных веществ, используемых при изготовлении гетерофазных пленочных структур для приборов фотоники по химическому составу.
6. Классификация основных веществ, используемых при изготовлении гетерофазных пленочных структур для приборов электроники по химическому составу.
7. Способы формирования однослойных пленочных структур для приборов фотоники, исходя из термодинамических характеристик, включая многослойные структуры.
8. Способы формирования многослойных пленочных структур для приборов фотоники, исходя из термодинамических характеристик.
9. Способы формирования однослойных пленочных структур для приборов электроники, исходя из термодинамических характеристик, включая многослойные структуры..
10. Способы формирования многослойных пленочных структур для приборов электроники, исходя из термодинамических характеристик.
11. Метод инкрементов для прогнозирования термодинамических характеристик химических соединений.

Раздел 6. Максимальная оценка – 25 баллов

1. Классификация методов получения гетерофазных пленочных структур на основе термодинамического анализа процессов.
2. Характеристики методов получения гетерофазных пленочных структур при нормальных и пониженных статических давлениях.
3. Термодинамические основы метода послойного атомного осаждения.
4. Термодинамические особенности молекулярно-лучевого осаждения.

5. Термодинамические особенности методов формирования структур на основе фаз высокого давления.
6. Растворные методы формирования гетерофазных пленочных структур для приборов фотоники и электроники различного функционального назначения.
7. Расплавные методы формирования гетерофазных пленочных структур для приборов фотоники и электроники различного функционального назначения

Раздел 7. Максимальная оценка – 10 баллов

8. Теоретические основы оптических методов измерения толщин тонких пленок в динамическом режиме.
9. Лазерная интерферометрия
10. Лазерная эллипсометрия.
11. Фотометрия. Метод светового сечения.
12. Пьезотензиметрический метод определения массы растущей пленки.
13. Методы определения толщин проводящих (металлических) пленок.
14. Рентгенофлуоресцентный метод анализа состава при определении составов однослойных и двухслойных многокомпонентных пленок.
15. Особенности применения методов емкостной спектроскопии для проведения онлайн измерений функциональных характеристик отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур для изделий фотоники и электроники.
16. Лазерно-индуцированные методы измерения люминесцентных и оптических характеристик отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур для изделий фотоники и электроники.

8.4 Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (1 семестр – зачет с оценкой, 2 семестр – экзамен, 3 семестр – экзамен).

Семестр 2

Максимальная оценка – 40 баллов.

1. Современные информационные системы по физико-химическим свойствам материалов для изготовления гетерофазных структур различного функционального назначения.
2. Современные системы численного моделирования диаграмм фазовых равновесий и их использование для выбора условий получения гетерофазных тонкопленочных структур различного функционального назначения.
3. Экспериментальные методы исследования материалов электронной техники и гетерофазных пленочных структур с помощью электронной микроскопии.
4. Возможности современных сканирующих электронных микроскопов с различными системами формирования энергетических пучков.
5. Особенности математической обработки сигналов электронных и ионных систем анализа поверхности материалов.

6. Методы анализа фазового, структурного и элементного состава в современных системах сканирующей электронной микроскопии.
7. Особенности применения рентгено-флуоресцентного анализа в режимах энергодисперсионного и волнового измерения.
8. Возможности современных систем рентгеновской дифракции.
9. Особенности программного обеспечения для обработки результатов дифрактограмм кристаллических, аморфных и наноразмерных объектов.

Семестр 3

Максимальная оценка – 40 баллов.

1. Экспериментальные методы исследования микропримесного состава объемных препаратов в виде твердых фаз
2. Экспериментальные методы исследования микропримесного состава объемных препаратов в форме растворов.
3. Особенности пробоподготовки твердых фаз для проведения исследований микропримесного состава методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой
4. Способы борьбы с интерференциями пиков в методах масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и плазмой тлеющего разряда
5. Способы снижения пределов определения концентраций примесей в различных методах исследования микропримесного состава
6. Особенности количественного анализа микропримесного состава методом вторично-ионной масс-спектрометрии
7. Экспериментальные методы исследования спектрально-люминесцентных характеристик объемных, поликристаллических и тонкопленочных материалов для фотоники и электроники.
8. Особенности математической обработки спектральных и спектрально-кинетических данных.
9. Причины уширения спектров люминесценции – однородное и неоднородное уширение.
10. Расчет квантового выхода.
11. Штарковское расщепление линий. Спектры люминесценции многоцентровых материалов. Разложение спектров на элементарные компоненты.
12. Кинетика затухания люминесценции. Влияние на кинетику затухания люминесценции кооперативных процессов и ион-ионного взаимодействия.
13. Влияние на кинетику затухания люминесценции температурного, концентрационного и примесного тушения люминесценции.
14. Построение кинетических кривых и расчет времени жизни сложных, многоцентровых люминофоров.

1. Классификация основных веществ, используемых при изготовлении гетерофазных пленочных структур для приборов фотоники по признаку термодинамической фазы.
2. Классификация основных веществ, используемых при изготовлении гетерофазных пленочных структур для приборов электроники по признаку термодинамической фазы.
3. Классификация основных веществ, используемых при изготовлении гетерофазных пленочных структур для приборов фотоники по химическому составу.
4. Классификация основных веществ, используемых при изготовлении гетерофазных пленочных структур для приборов электроники по химическому составу.
5. Способы формирования однослойных пленочных структур для приборов фотоники, исходя из термодинамических характеристик, включая многослойные структуры.
6. Способы формирования многослойных пленочных структур для приборов фотоники, исходя из термодинамических характеристик.
7. Способы формирования однослойных пленочных структур для приборов электроники, исходя из термодинамических характеристик, включая многослойные структуры.
8. Способы формирования многослойных пленочных структур для приборов электроники, исходя из термодинамических характеристик.
9. Метод инкрементов для прогнозирования термодинамических характеристик химических соединений.
10. Классификация методов получения гетерофазных пленочных структур на основе термодинамического анализа процессов.
11. Характеристики методов получения гетерофазных пленочных структур при нормальных и пониженных статических давлениях.
12. Термодинамические основы метода послойного атомного осаждения.
13. Термодинамические особенности молекулярно-лучевого осаждения.
14. Термодинамические особенности методов формирования структур на основе фаз высокого давления.
15. Растворные методы формирования гетерофазных пленочных структур для приборов фотоники и электроники различного функционального назначения.
16. Расплавные методы формирования гетерофазных пленочных структур для приборов фотоники и электроники различного функционального назначения.
17. Теоретические основы оптических методов измерения толщин тонких пленок в динамическом режиме.
18. Лазерная интерферометрия.
19. Лазерная эллипсометрия.
20. Фотометрия. Метод светового сечения.
21. Пьезотензиметрический метод определения массы растущей пленки.

22. Методы определения толщин проводящих (металлических) пленок.
23. Рентгенофлуоресцентный метод анализа состава при определении составов однослойных и двухслойных многокомпонентных пленок.
24. Особенности применения методов емкостной спектроскопии для проведения онлайн измерений функциональных характеристик отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур для изделий фотоники и электроники.
25. Лазерно-индуцированные методы измерения люминесцентных и оптических характеристик отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур для изделий фотоники и электроники.

Вопросы к 1-му зачету с оценкой для 1-й промежуточной аттестации (1-й семестр)

Билет для зачета состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Ответы на вопросы оцениваются из максимальной оценки 40 баллов по 20 баллов за каждый вопрос.

Пример билета для экзамена:

«Утверждаю» Зав.кафедрой И.Х. Аветисов «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии кристаллов
	Направление подготовки бакалавров 18.04.01 Химическая технология Профиль «Технология функциональных материалов электроники и фотоники» Дисциплина «Научные основы технологии получения гетерофазных пленочных структур с заданными свойствами»
Билет № 1 1. Классификация основных веществ, используемых при изготовлении гетерофазных пленочных структур для приборов фотоники по химическому составу. 2. Метод инкрементов для прогнозирования термодинамических характеристик химических соединений.	

Вопросы к 2-му зачету с оценкой для 2-й промежуточной аттестации (2-й семестр)

Билет для зачета состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Ответы на вопросы оцениваются из максимальной оценки 40 баллов по 20 баллов за каждый вопрос.

Пример билета для экзамена:

«Утверждаю» Зав.кафедрой	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева

<i>И.Х. Аветисов</i> «__» _____ 20__ г.	Кафедра химии и технологии кристаллов
	Направление подготовки бакалавров 18.04.01 Химическая технология Профиль «Технология функциональных материалов электроники и фотоники» Дисциплина «Научные основы технологии получения гетеро- фазных пленочных структур с заданными свойствами»
Билет № 1 1. Лазерная эллипсометрия. 2. Лазерно-индуцированные методы измерения люминесцентных и оптических характеристик отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур для изделий фотоники и электроники.	

Экзамен по дисциплине «Научные основы технологии получения гетеро-фазных пленочных структур с заданными свойствами» включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Экзаменационный билет состоит из 3 вопросов, относящихся к разным разделам курса. Первый и второй вопросы билета предусматривают развернутые ответы студента по достаточно объемной тематике, третий – краткий ответ по конкретизированной тематике. Ответы на вопросы экзаменационного билета оцениваются из 40 баллов следующим образом: первый и второй вопросы – по 15 баллов каждый, третий вопрос – 10 баллов.

«Утверждаю» Зав.кафедрой _____ 20__ <i>И.Х. Аветисов</i> 	МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии кристаллов
	Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология Профиль «Технология функциональных материалов электроники и фотоники»
	Химическая технология тонкопленочных гетероструктур
Билет № 1 1. Жидкие кристаллы. Классификация, основные характеристики, методы получения. 2. Пространственно-временные модуляторы света. Назначение и принцип действия основных типов ПВМС. 3. Технология активационного отжига по методу Ван-Доорна	

Пример экзаменационного билета:

«Утверждаю» Зав.кафедрой	МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева

<i>И.Х. Аветисов</i> «__» ____ 20__ г.	Кафедра химии и технологии кристаллов
	Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология Профиль «Технология функциональных материалов электроники и фотоники»
	Химическая технология тонкопленочных гетероструктур
Экзаменационный билет № 3 1. Классификация основных веществ, используемых при изготовлении гетерофазных пленочных структур для приборов электроники по признаку термодинамической фазы. 2. Термодинамические основы метода послойного атомного осаждения 3. Теоретические основы оптических методов измерения толщин тонких пленок в динамическом режиме.	

9 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Высокочистые вещества. Коллектив авторов. М., Научный мир, 2018, 996 с.
2. Кузнецов В.В., Москвин П.П. Межфазные взаимодействия при гетероэпитаксии полупроводниковых твердых растворов. Москва.: Лань. 2019. 376 с. ISBN 978-5-8114-3809-9.
3. Мокроусов Г.М., Зарубина О.Н., Бекезина Т.П. Межфазные превращения и формирование поверхности многокомпонентных полупроводников в жидких средах. Москва.: Лань. 2015. 112 с. SBN 978-5-8114-1872-5.
4. В. П. Зломанов, И. Х. Аветисов, Е. Н. Можевитина. Физическая химия твердого тела. Р–Т–х диаграммы фазовых равновесий: учеб. пособие, М., РХТУ, 2019, 184 с.
5. В.А. Пустоваров Люминесценция и релаксационные процессы в диэлектриках, Учебное пособие по дисциплинам «Физика твердого тела» и «Физика конденсированного состояния» Екатеринбург 2015, Информационный портал УрФУ — URL: <https://study.urfu.ru/Aid/Publication/13420/1/Pustovarov.pdf> (дата обращения: 03.04.2019). — Режим доступа:- свободный доступ.
6. Оптическая спектроскопия объемных полупроводников и наноструктур: учебное пособие /Тимофеев В.Б. — Издательство Лань 2015 - 512 с. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/reader/book/56612> (дата обращения: 03.04.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Б. Дополнительная литература

1. А.Ю.Зиновьев, А.Г.Чердиченко, И.Х.Аветисов Технология органических электролюминесцентных устройств. Теоретические основы и материалы. Учебное пособие. М.: РХТУ им.Д.И.Менделеева, 2010. 62с.
2. А.Ю.Зиновьев, И.Х.Аветисов, А.Г.Чердиченко Технология органических электролюминесцентных устройств. Гетероструктуры. Учебное пособие. М.: РХТУ им.Д.И.Менделеева, 2011. 63с.

3. В. П. Зломанов Фазовые равновесия. Химия дефектов в кристалле. Учебное пособие. – М.: МГУ, 2011, 114с.
4. И.Х. Аветисов, Е.Н. Можевитина, О.Б. Петрова Построение P – T – x диаграмм фазовых равновесий. Задачник: учебное пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2014. 80 с.
5. А.В. Кнотько, И.А. Пресняков, Ю.Ф. Третьяков. Химия твердого тела, Изд. Центр «Академия» / 2006
6. Е.П. Шешин. Вакуумные технологии, 504с., Интеллект, 2009
7. Современные методы высоковакуумного напыления и плазменной обработки тонкопленочных металлических структур. Вдовичев С.Н. Электронное учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 60 с.
8. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники, СПб, 2003
9. Е. Берлин, С. Двинин, Л. Сейдман. Вакуумная технология и оборудование для нанесения и травления тонких пленок. М. Техносфера, 2007, 170 с.
10. Антоненко С.В. Технология тонких пленок: Учебное пособие. М.: МИФИ, 2008. – 104 с.
11. Технология тонких пленок: Справочник в 2-х томах/ Под ред. Л. Майссела, Р. Глэнга – М.: Сов. радио, 1977. – 664 с. и 770 с.
12. Василенко О.А. Оптические явления в твердом теле: конспект лекций: Учеб. пособие М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2004. – 136 с.
13. Холодков И.В., Ефремов А.М., Светцов В.И.. Твердотельная электроника: Учебное пособие. – ГОУВПО «Иван. гос. хим.-технол. ун-т» - Иваново, 2004. – 195 с.
14. В.Н. Портнов, Е.В. Чупрунов. Возникновение и рост кристаллов. М.: Физматлит, 2006, 328 с.
15. 1. ... П.В. Ковтуненко Физическая химия твердого тела. Кристаллы с дефектами. – М.: Высшая школа, 1993.
16. А.Ю. Зиновьев, А.Г. Чередниченко, И.Х. Аветисов Технология органических электролюминесцентных устройств. Теоретические основы и материалы. Учебное пособие. М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2010. 62с.
17. А.Ю. Зиновьев, И.Х. Аветисов, А.Г. Чередниченко Технология органических электролюминесцентных устройств. Гетероструктуры. Учебное пособие. М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2011. 63с.
18. И.Х. Аветисов, А.Ю. Зиновьев, А.Г. Чередниченко, Р.И. Аветисов Технология органических электролюминесцентных устройств. Технологические процессы. Учебное пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. 64с.
19. Старосельский В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники. Высшее образование, Юрайт-Издат., 2009.
20. Янг М. Оптика и лазеры, включая волоконную оптику и оптические волноводы. Пер. с англ. М.: Мир, 2005.
21. О.Б. Петрова Физическая электроника (полупроводники). Решение задач: учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2013 - 44 с.
22. О.П.Федоров. Процессы роста кристаллов: кинетика, формообразование, неоднородности. Наукова думка, Киев, 2010, 208 с.

23. Старосельский, В. И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники: учеб. пособие / В. И. Старосельский. – М.: Юрайт, 2011. – 463 с.
24. Дудкин В.И., Пахомов Л.Н. Квантовая электроника. Приборы и их применение. Учебное пособие. М.: Техносфера, 2006.
25. И.Х. Аветисов, Е.Н. Можевитина, О.Б. Петрова Построение P – T - x диаграмм фазовых равновесий. Задачник: учебное пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2014. 80 с.
26. Григорьев Ф.И. Осаждение тонких пленок из низкотемпературной плазмы и ионных пучков в технологии микроэлектроники: Учебное пособие / Моск. гос. ин-т электроники и математики. М., 2006. 36с
27. П.В. Ковтуненко Физическая химия твердого тела. Кристаллы с дефектами. – М.: Высшая школа, 1993.
28. А.Ю. Зиновьев, А.Г. Чередниченко, И.Х. Аветисов Технология органических электролюминесцентных устройств. Теоретические основы и материалы. Учебное пособие. М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2010. 62с.
29. А.Ю. Зиновьев, И.Х. Аветисов, А.Г. Чередниченко Технология органических электролюминесцентных устройств. Гетероструктуры. Учебное пособие. М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2011. 63с.
30. И.Х. Аветисов, А.Ю. Зиновьев, А.Г. Чередниченко, Р.И. Аветисов Технология органических электролюминесцентных устройств. Технологические процессы. Учебное пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. 64с.
31. М.Г. Томилин, Г.Е. Невская. Дисплеи на жидких кристаллах. Учебное пособие, С.-Петербург, ИТМО, 2010. 108с.
32. Ю.С. Кузьминов, Е.Е. Ломонова, В.В. Осико. Тугоплавкие материалы из холодного тигля. М., Наука, 2004. 370с.
33. Б.Г. Зималин, Н. Н. Рукавишников. Неодимовые лазеры. Учебное пособие. СарФТИ. 2010.
34. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. М.: Наука, 1987.
35. Пихтин А.Н. Оптическая и квантовая электроника. М. Высш. шк., 2001.
36. Таиров Ю.М., Цветков В.Ф. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов. М.; Высш.шк.,1990, 423 с.
37. Парфенов О.Д. Технология микросхем. М.; Высш.шк.,1986, 320 с.
38. Готтштайн Г. Физико-химические основы материаловедения. М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2011 400с
39. Ковтуненко П.В. Физическая химия твердого тела. Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1993, 352 с.

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Оптика и спектроскопия», ISSN 0030-4034

- Журнал «Квантовая электроника», ISSN 0368-7147
- Журнал «Оптический журнал», ISSN 1023-5086
- Журнал «Optical Materials», ISSN 0925-3467
- Журнал «IEEE Journal of Quantum Electronics», ISSN 0018-9197
- Журнал «Journal of Crystal Growth», ISSN 0022-0248
- Журнал «Crystal Research and Technology», ISSN 0232-1300
- Журнал «Cryst. Eng.Comm.», ISSN 1466-8033
- Журнал «Journal of Non-Crystalline Solids», ISSN 0022-3093
- Журнал «European Journal of Inorganic Chemistry», ISSN 1434-1948
- Журнал «Кристаллография», ISSN 0023-4761
- Журнал «Неорганические материалы», ISSN 0002-337X
- Журнал «Журнал неорганической химии», ISSN 0044-457X
- Журнал «Журнал экспериментальной и теоретической физики», ISSN 0044-4510
- Журнал «Физика твердого тела», ISSN 0367-3294

10 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Гетерофазные пленочные структуры»* проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы обучающегося.

11.1 Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью;

библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для обучающихся, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2 Учебно-наглядные пособия:

Пособия не требуются

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; раздаточный материал к практическим занятиям по дисциплине; альбомы и рекламные проспекты с основными видами и характеристиками приборов и материалов электронной техники, фотоники и квантовой электроники.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде по строению и свойствам материалов электронной техники; электронная картотека по рентгенофазовому анализу; электронная картотека по фазовым диаграммам состояния; кафедральные библиотеки электронных изданий.

11.5 Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

12 ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Физико-химические основы технологии гетерофазных структур.	<i>Знает:</i> – Классификация методов получения пленок в технологиях гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники. – Основные неорганические и органические материалы и индивидуальные вещества, которые используются для получения активных и пассивных слоев современных гетерофазных структур для приборов электроники и фотоники. – Физико-химические основы технологий гетерофазных структур на основе неорганических и органических химических соединений. – Современные технологии формирования гетерофазных структур для фотоники и электроники. – Основные этапы проектирования приборов электроники на основе гетерофазных пленочных структур. – Технологические и эксплуатационные требования к оборудованию для производства гетерофазных пленочных структур. – Факторы, определяющие технологические потери при производстве гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники. – Современные отечественные и международные стандарты в технологиях материалов и структур электроники и фотоники. <i>Умеет:</i> – Извлекать информацию о физико-химических характеристиках веществ, на основе которых формируются гетерофазных пленочные структуры изделий электроники, современные баз данных отечественных и зарубежных	Оценка за тест, Оценка контрольную работу №1 (1 семестр) Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (1 семестр)

	производителей. – Осуществлять выбор методов и оборудования для производства гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники. – Анализировать информацию и на ее основе осуществлять выбор материалов и технологий для создания гетерофазных пленочных структур для приборов фотоники и электроники различного функционального назначения. – Ориентироваться в выборе оптимального набора методов контроля состава, морфологии и функциональных параметров гетерофазных пленочных структур, формируемых различными методами. – Выбирать методы формирования гетерофазных многослойных пленочных структур с заданными функциональными характеристиками. – Составлять компоненты технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEMI). <i>Владеет:</i> – Информацией о современных и перспективных методах получения гетерофазных пленочных структур пленок для различных приборов электроники. – Информацией по методам контроля параметров пленочных структур – Навыками работы с современными информационными ресурсами в области хранения и обработки данных по физико-химическим характеристикам веществ, на основе которых формируются гетерофазные пленочные структуры изделий электроники, – Методами формирования гетерофазных пленочных структур с толщинами от единиц нанометров до сотен микрон для приборов	

	фотоники и электроники. – Современными способами контроля состава, морфологии и функциональных параметров гетерофазных пленочных структур, формируемых различными методами.. – Современными способами контроля функциональных характеристик отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур для изделий фотоники и электроники.	
Раздел 2. Технологии гетерофазных структур с электрической системой обработкой информации.	<i>Знает:</i> – Классификация методов получения пленок в технологиях гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники. – Основные неорганические и органические материалы и индивидуальные вещества, которые используются для получения активных и пассивных слоев современных гетерофазных структур для приборов электроники и фотоники. – Физико-химические основы технологий гетерофазных структур на основе неорганических и органических химических соединений. – Закономерности формирования собственных и примесных точечных дефектов в неорганических и органических материалах при получении гетерофазных структур различными методами. – Современные технологии формирования гетерофазных структур для фотоники и электроники. – Классификация оборудования для получения пленок в технологиях гетерофазных пленочных структур для приборов электроники. – Основные этапы проектирования приборов электроники на основе гетерофазных пленочных структур. – Технологические и эксплуатационные требования к оборудованию для производства	Оценка контрольную работу №2 (1 семестр) Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (1 семестр)

	гетерофазных пленочных структур. – Факторы, определяющие технологические потери при производстве гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники. – Современные информационные базы данных, содержащих физико-химические характеристики веществ, на основе которых формируются гетерофазные пленочные структуры изделий электроники и фотоники. – Современные отечественные и международные стандарты в технологиях материалов и структур электроники и фотоники. <i>Умеет:</i> – Извлекать информацию о физико-химических характеристиках веществ, на основе которых формируются гетерофазные пленочные структуры изделий электроники, современные баз данных отечественных и зарубежных производителей. – Формировать пакет входных экспериментальных данных в различные системы численного моделирования для расчета процессов синтеза многокомпонентных гетерофазных структур. – Осуществлять выбор методов и оборудования для производства гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники. – Анализировать информацию и на ее основе осуществлять выбор материалов и технологий для создания гетерофазных пленочных структур для приборов фотоники и электроники различного функционального назначения. – Ориентироваться в выборе оптимального набора методов контроля состава, морфологии и функциональных параметров гетерофазных пленочных структур, формируемых различными методами. – Выбирать методы формирования	

	гетерофазных многослойных пленочных структур с заданными функциональными характеристиками. – Составлять компоненты технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEMI). <i>Владеет:</i> – Информацией о современных и перспективных методах получения гетерофазных пленочных структур пленок для различных приборов электроники. – Информацией по методам контроля параметров пленочных структур – Навыками работы с современными информационными ресурсами в области хранения и обработки данных по физико-химическим характеристикам веществ, на основе которых формируются гетерофазных пленочные структуры изделий электроники, – Методами формирования гетерофазных пленочных структур с толщинами от единиц нанометров до сотен микрон для приборов фотоники и электроники. – Современными способами контроля состава, морфологии и функциональных параметров гетерофазных пленочных структур, формируемых различными методами.. – Современными способами контроля функциональных характеристик отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур для изделий фотоники и электроники.	
Раздел 3. Технологии гетерофазных структур с оптической системой обработкой информации.	<i>Знает:</i> – Классификация методов получения пленок в технологиях гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники. – Основные неорганические и органические материалы и	Оценка за реферат Оценка контрольную работу №3 (2 семестр) Оценка за <i>экзамен</i> (2 семестр)

	индивидуальные вещества, которые используются для получения активных и пассивных слоев современных гетерофазных структур для приборов электроники и фотоники. – Физико-химические основы технологий гетерофазных структур на основе неорганических и органических химических соединений. – Закономерности формирования собственных и примесных точечных дефектов в неорганических и органических материалах при получении гетерофазных структур различными методами. – Современные технологии формирования гетерофазных структур для фотоники и электроники. – Классификация оборудования для получения пленок в технологиях гетерофазных пленочных структур для приборов электроники. – Основные этапы проектирования приборов электроники на основе гетерофазных пленочных структур. – Технологические и эксплуатационные требования к оборудованию для производства гетерофазных пленочных структур. – Факторы, определяющие технологические потери при производстве гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники. – Современные информационные базы данных, содержащих физико-химические характеристики веществ, на основе которых формируются гетерофазные пленочные структуры изделий электроники и фотоники. – Современные отечественные и международные стандарты в технологиях материалов и структур электроники и фотоники. <i>Умеет:</i> – Извлекать информацию о физико-химических характеристиках веществ, на основе которых формируются гетерофазных	

	пленочные структуры изделий электроники, современные баз данных отечественных и зарубежных производителей. – Формировать пакет входных экспериментальных данных в различные системы численного моделирования для расчета процессов синтеза многокомпонентных гетерофазных структур. – Осуществлять выбор методов и оборудования для производства гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники. – Анализировать информацию и на ее основе осуществлять выбор материалов и технологий для создания гетерофазных пленочных структур для приборов фотоники и электроники различного функционального назначения. – Ориентироваться в выборе оптимального набора методов контроля состава, морфологии и функциональных параметров гетерофазных пленочных структур, формируемых различными методами. – Выбирать методы формирования гетерофазных многослойных пленочных структур с заданными функциональными характеристиками. – Составлять компоненты технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEMI). <i>Владеет:</i> – Информацией о современных и перспективных методах получения гетерофазных пленочных структур пленок для различных приборов электроники. – Информацией по методам контроля параметров пленочных структур – Навыками работы с современными информационными ресурсами в области хранения и	

	обработки данных по физико-химическим характеристикам веществ, на основе которых формируются гетерофазных пленочные структуры изделий электроники, – Методами формирования гетерофазных пленочных структур с толщинами от единиц нанометров до сотен микрон для приборов фотоники и электроники. – Современными способами контроля состава, морфологии и функциональных параметров гетерофазных пленочных структур, формируемых различными методами.. – Современными способами контроля функциональных характеристик отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур для изделий фотоники и электроники.	
Раздел 4. Технологии гетерофазных структур с магнитной системой обработки информации.	<i>Знает:</i> – Классификация методов получения пленок в технологиях гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники. – Основные неорганические и органические материалы и индивидуальные вещества, которые используются для получения активных и пассивных слоев современных гетерофазных структур для приборов электроники и фотоники. – Физико-химические основы технологий гетерофазных структур на основе неорганических и органических химических соединений. – Закономерности формирования собственных и примесных точечных дефектов в неорганических и органических материалах при получении гетерофазных структур различными методами. – Современные технологии формирования гетерофазных структур для фотоники и электроники.	Оценка за реферат Оценка контрольную работу №3 (2 семестр) Оценка за <i>экзамен</i> (2 семестр)

	– Классификация оборудования для получения пленок в технологиях гетерофазных пленочных структур для приборов электроники. – Основные этапы проектирования приборов электроники на основе гетерофазных пленочных структур. – Технологические и эксплуатационные требования к оборудованию для производства гетерофазных пленочных структур. – Факторы, определяющие технологические потери при производстве гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники. – Современные информационные базы данных, содержащих физико-химические характеристики веществ, на основе которых формируются гетерофазные пленочные структуры изделий электроники и фотоники. – Современные отечественные и международные стандарты в технологиях материалов и структур электроники и фотоники. <i>Умеет:</i> – Извлекать информацию о физико-химических характеристиках веществ, на основе которых формируются гетерофазные пленочные структуры изделий электроники, современные баз данных отечественных и зарубежных производителей. – Формировать пакет входных экспериментальных данных в различные системы численного моделирования для расчета процессов синтеза многокомпонентных гетерофазных структур. – Осуществлять выбор методов и оборудования для производства гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники. – Анализировать информацию и на ее основе осуществлять выбор материалов и технологий для создания гетерофазных пленочных структур для приборов фотоники и	

	электроники различного функционального назначения. – Ориентироваться в выборе оптимального набора методов контроля состава, морфологии и функциональных параметров гетерофазных пленочных структур, формируемых различными методами. – Выбирать методы формирования гетерофазных многослойных пленочных структур с заданными функциональными характеристиками. – Составлять компоненты технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEMI). <i>Владеет:</i> – Информацией о современных и перспективных методах получения гетерофазных пленочных структур пленок для различных приборов электроники. – Информацией по методам контроля параметров пленочных структур – Навыками работы с современными информационными ресурсами в области хранения и обработки данных по физико-химическим характеристикам веществ, на основе которых формируются гетерофазные пленочные структуры изделий электроники, – Методами формирования гетерофазных пленочных структур с толщинами от единиц нанометров до сотен микрон для приборов фотоники и электроники. – Современными способами контроля состава, морфологии и функциональных параметров гетерофазных пленочных структур, формируемых различными методами.. – Современными способами контроля функциональных характеристик отдельных слоев и многослойных гетерофазных	

	структур для изделий фотоники и электроники.	
Раздел 5. Информационные системы и системы численного моделирования для технологий гетерофазных структур.	<i>Знает:</i> – Физико-химические основы технологий гетерофазных структур на основе неорганических и органических химических соединений. – Закономерности формирования собственных и примесных точечных дефектов в неорганических и органических материалах при получении гетерофазных структур различными методами. – Современные технологии формирования гетерофазных структур для фотоники и электроники. – Классификация оборудования для получения пленок в технологиях гетерофазных пленочных структур для приборов электроники. – Технологические и эксплуатационные требования к оборудованию для производства гетерофазных пленочных структур. – Современные информационные базы данных, содержащих физико-химические характеристики веществ, на основе которых формируются гетерофазные пленочные структуры изделий электроники и фотоники. <i>Умеет:</i> – Извлекать информацию о физико-химических характеристиках веществ, на основе которых формируются гетерофазных пленочные структуры изделий электроники, современные баз данных отечественных и зарубежных производителей. – Формировать пакет входных	Оценка контрольную работу №4 (3 семестр) Оценка за <i>экзамен</i> (3 семестр)

	экспериментальных данных в различные системы численного моделирования для расчета процессов синтеза многокомпонентных гетерофазных структур. – Анализировать информацию и на ее основе осуществлять выбор материалов и технологий для создания гетерофазных пленочных структур для приборов фотоники и электроники различного функционального назначения. – Ориентироваться в выборе оптимального набора методов контроля состава, морфологии и функциональных параметров гетерофазных пленочных структур, формируемых различными методами. – Выбирать методы формирования гетерофазных многослойных пленочных структур с заданными функциональными характеристиками. – Составлять компоненты технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEMI). <i>Владеет:</i> – Информацией о современных и перспективных методах получения гетерофазных пленочных структур пленок для различных приборов электроники. – Информацией по методам контроля параметров пленочных структур – Навыками работы с современными информационными ресурсами в области хранения и обработки данных по физико-химическим характеристикам веществ, на основе которых формируются гетерофазные пленочные структуры изделий электроники, – Методами формирования гетерофазных пленочных структур с толщинами от единиц нанометров до сотен микрон для приборов	

	фотоники и электроники. – Современными способами контроля состава, морфологии и функциональных параметров гетерофазных пленочных структур, формируемых различными методами.. Современными способами контроля функциональных характеристик отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур для изделий фотоники и электроники.	
Раздел 6. Современные методы контроля состава, морфологии и функциональных параметров гетерофазных пленочных структур для фотоники и электроники.	<i>Знает:</i> – Классификация методов получения пленок в технологиях гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники. – Основные неорганические и органические материалы и индивидуальные вещества, которые используются для получения активных и пассивных слоев современных гетерофазных структур для приборов электроники и фотоники. – Физико-химические основы технологий гетерофазных структур на основе неорганических и органических химических соединений. – Закономерности формирования собственных и примесных точечных дефектов в неорганических и органических материалах при получении гетерофазных структур различными методами. – Современные технологии формирования гетерофазных структур для фотоники и электроники. – Классификация оборудования для получения пленок в технологиях гетерофазных пленочных структур для приборов электроники. – Основные этапы проектирования приборов электроники на основе гетерофазных пленочных структур. – Технологические и эксплуатационные требования к оборудованию для производства гетерофазных пленочных структур.	Оценка контрольную работу №5 (3 семестр) Оценка за <i>экзамен</i> (3 семестр)

	– Факторы, определяющие технологические потери при производстве гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники. – Современные информационные базы данных, содержащих физико-химические характеристики веществ, на основе которых формируются гетерофазные пленочные структуры изделий электроники и фотоники. – Современные отечественные и международные стандарты в технологиях материалов и структур электроники и фотоники. <i>Умеет:</i> – Формировать пакет входных экспериментальных данных в различные системы численного моделирования для расчета процессов синтеза многокомпонентных гетерофазных структур. – Анализировать информацию и на ее основе осуществлять выбор материалов и технологий для создания гетерофазных пленочных структур для приборов фотоники и электроники различного функционального назначения. – Выбирать методы формирования гетерофазных многослойных пленочных структур с заданными функциональными характеристиками. – Составлять компоненты технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEMI). <i>Владеет:</i> – Навыками работы с современными информационными ресурсами в области хранения и обработки данных по физико-химическим характеристикам веществ, на основе которых формируются гетерофазные пленочные структуры изделий электроники, - Современными способами контроля функциональных характеристик	

	отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур для изделий фотоники и электроники.	

13 ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);
- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;
- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

«Гетерофазные пленочные структуры»

основной образовательной программы

18.04.01 Химическая технология

магистерская программа

«Технология функциональных материалов электроники и фотоники»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Деловой иностранный язык»

Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология

**Магистерская программа – «Технология функциональных материалов
электроники и фотоники»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена:

Зав. кафедрой иностранных языков, к.филол.н, к.э.н., доцентом Кузнецовым И.А.,
Профессором, д.п.н., к.х.н. Кузнецовой Т.И.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры иностранных языков
«30» июня 2025 г., протокол № 10.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 Химическая технология** (ФГОС ВО), накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **Иностранных языков** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Деловой иностранный язык»** относится к обязательной части блока 1 дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области иностранного языка и навыки, приобретенные в ходе изучения дисциплины «Иностранный язык» уровень бакалавриата.

Цель дисциплины – приобретение обучающимися общей, коммуникативной и профессиональной компетенций, уровень которых на отдельных этапах языковой подготовки позволяет использовать иностранный язык как в профессиональной деятельности в сфере делового общения, так и для целей самообразования, а также выполнять различные виды профессионально ориентированного перевода в производственной и научной деятельности.

Задачи дисциплины:

- формирование навыков профессионально-ориентированного и делового общения на иностранном языке в виде письменной и устной речи путем создания у магистров пассивного и активного запаса лексики, в том числе деловой, общенаучной и специальной терминологии, необходимой для работы над типовыми текстами, ознакомления с грамматическими структурами, типичными для стиля деловой речи;

- формирование базовых навыков перевода, на основе рекомендованных в программе учебников и учебных пособий по иностранным языкам для химических вузов.

Дисциплина **«Деловой иностранный язык»** преподается в 1 семестре (очная форма обучения). Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Коммуникации	УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1 Знает на государственном и иностранном языках коммуникативно приемлемые стили делового общения; УК-4.2 Умеет представлять результаты академической и профессиональной деятельности на различных мероприятиях, включая международные; УК-4.3 Владеет интегративными умениями, необходимыми для написания, письменного перевода и редактирования различных текстов (рефератов, обзоров, статей и т.д.); УК-4.4 Владеет интегративными умениями, необходимыми для эффективного участия в академических и профессиональных дискуссиях.

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- основные способы сочетаемости лексических единиц и основные словообразовательные модели;
- русские эквиваленты основных слов и выражений профессиональной речи;
- основные приемы и методы реферирования и аннотирования литературы по специальности;
- пассивную и активную лексику, в том числе общенаучную и специальную терминологию, необходимую для работы над типовыми текстами;
- приемы работы с оригинальной литературой по специальности.

Уметь:

- вести деловую переписку на изучаемом языке;
- работать с оригинальной литературой по специальности;
- работать со словарем;
- вести речевую деятельность применительно к сфере деловой и профессиональной коммуникации.

Владеть:

- иностранным языком на уровне делового и профессионального общения, навыками и умениями речевой деятельности применительно к сфере деловой и профессиональной коммуникации, основами публичной речи;
- формами деловой переписки, навыками подготовки текстовых документов в управленческой деятельности;
- основной иноязычной терминологией специальности;
- основами реферирования и аннотирования литературы по специальности.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3,0	108,0	81,0
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,9	34,0	25,5
Практические занятия (ПЗ)	0,9	34,0	25,5
Самостоятельная работа	1,4	47,0	35,25
Контактная самостоятельная работа	1,4	0,0	0,0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		47,0	35,25
Виды контроля:			
Экзамен	0,7	27,0	20,25
Контактная работа – промежуточная аттестация	0,7	0,2	0,15
Подготовка к экзамену		26,8	20,1
Вид итогового контроля:	Экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Очная форма обучения

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. Часов				
		Всего	Лек- ции	Прак. зан.	Лаб. рабо- ты	Сам. рабо- та
1.	Раздел 1. Грамматические аспекты делового общения на иностранном языке.	27	-	12	-	15
1.1	Грамматические трудности изучаемого языка: Видовременные формы глагола в действительном залоге. (в письменной и устной речи в сфере делового общения.)	6	-	2	-	4
1.2	Особенности употребления страдательного залога в устной речи в ситуациях бизнес общения. Инфинитив. Образование и употребление инфинитивных оборотов в деловой корреспонденции.	8	-	4	-	4
1.3	Основы деловой корреспонденции. Деловое письмо. Требования к деловому письму. Способы расположения текста в деловом письме.	6	-	2	-	4
1.4	Практика устной речи по теме «Речевой этикет делового общения» (знакомство, представление, установление и поддержание контакта, запрос и сообщение информации, побуждение к действию, выражение просьбы, согласия).	7	-	4	-	3
2.	Раздел 2. Чтение, перевод и особенности специальной бизнес-литературы.	28	-	12	-	16
2.1	Лексические особенности деловой документации. Терминология бизнес-литературы на изучаемом языке.	6	-	2	-	4
2.2	Стилистические и лексические особенности языка делового общения. Активный и пассивный тематический словарный запас.	8	-	4	-	4
2.3	Грамматические трудности изучаемого языка. Особенности употребления неличных форм глагола в деловой документации на английском языке (причастия, причастные обороты, герундий).	6	-	2	-	4

2.4	Изучающее чтение текстов в сфере делового общения. Организация работы со специальными словарями. Понятие о реферировании текстов по специальности.	8	-	4		4
3.	Раздел 3. Профессиональная коммуникация в сфере делового общения	26	-	10	-	16
3.1	Практика устной речи по темам: «Проведение деловой встречи», «Заключение контракта». Устный обмен информацией: Устные контакты в ситуациях делового общения.	6	-	2	-	4
3.2	Изучающее чтение специальных текстов. Приемы работы со словарем. Составление рефератов и аннотаций.	8	-	4	-	4
3.3	Ознакомительное чтение по тематике: «В банке. Финансы»; «Деловые письма»; «Устройство на работу». Формы делового письма. Понятие деловой корреспонденции. Приемы работы с Интернетом и электронной почтой в процессе делового общения.	6	-	2	-	4
3.4	Презентация научного материала и разговорная практика делового общения по темам: «технологии будущего», «Бизнес проекты в сфере химии и химической технологии».	6	-	2	-	4
	Экзамен	27				
	ИТОГО	108	-	34	-	47

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Грамматические аспекты делового общения на иностранном языке.

- 1.1 Грамматические трудности изучаемого языка: Видовременные формы глагола в действительном залоге (в письменной и устной речи в сфере делового общения.)
- 1.2 Особенности употребления страдательного залога в устной речи в ситуациях бизнес общения. Инфинитив. Образование и употребление инфинитивных оборотов в деловой корреспонденции.
- 1.3 Основы деловой корреспонденции. Деловое письмо. Требования к деловому письму. Способы расположения текста в деловом письме.
- 1.4 Практика устной речи по теме «Речевой этикет делового общения» (знакомство, представление, установление и поддержание контакта, запрос и сообщение информации, побуждение к действию, выражение просьбы, согласия).

Раздел 2. Чтение, перевод и особенности специальной бизнес-литературы.

- 2.1 Лексические особенности деловой документации. Терминология бизнес-литературы на изучаемом языке.
- 2.2 Стилистические и лексические особенности языка делового общения. Активный и пассивный тематический словарный запас.
- 2.3 Грамматические трудности изучаемого языка. Особенности употребления неличных форм глагола в деловой документации на английском языке (причастия, причастные обороты, герундий).
- 2.4 Изучающее чтение текстов в сфере делового общения. Организация работы со специальными словарями. Понятие о реферировании текстов по специальности.

Раздел 3. Профессиональная коммуникация в сфере делового общения.

- 3.1 Практика устной речи по темам: «Проведение деловой встречи», «Заключение контракта». Устный обмен информацией: Устные контакты в ситуациях делового общения.
- 3.2 Изучающее чтение специальных текстов. Приемы работы со словарем. Составление рефератов и аннотаций.
- 3.3 Ознакомительное чтение по тематике: «В банке. Финансы»; «Деловые письма»; «Устройство на работу». Формы делового письма. Понятие деловой корреспонденции. Приемы работы с Интернетом и электронной почтой в процессе делового общения.
- 3.4 Презентация научного материала и разговорная практика делового общения по темам: «технологии будущего», «Бизнес проекты в сфере химии и химической технологии».

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:			
1	– основные способы сочетаемости лексических единиц и основные словообразовательные модели;		+	
2	– русские эквиваленты основных слов и выражений профессиональной речи;	+	+	+
3	– основные приемы и методы реферирования и аннотирования литературы по специальности;	+	+	+
4	– пассивную и активную лексику, в том числе общенаучную и специальную терминологию, необходимую для работы над типовыми текстами;	+		+
5	– приемы работы с оригинальной литературой по специальности		+	+
	Уметь:			
6	– вести деловую переписку на изучаемом языке;	+	+	+
7	– работать с оригинальной литературой по специальности;	+	+	+
8	– работать со словарем;	+	+	+
9	– вести речевую деятельность применительно к сфере деловой и профессиональной коммуникации			+
	Владеть:			
10	– иностранным языком на уровне делового и профессионального общения, навыками и умениями речевой деятельности применительно к сфере деловой и профессиональной коммуникации, основами публичной речи;	+	+	
11	– формами деловой переписки, навыками подготовки текстовых документов в управленческой деятельности;		+	+
12	– основной иноязычной терминологией специальности;	+	+	
13	– основами реферирования и аннотирования литературы по специальности			+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>универсальные компетенции и индикаторы их достижения</u> :				
	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК		
14	УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	– УК-4.1 Знает на государственном и иностранном языках коммуникативно приемлемые стили делового общения;	+	+
		– УК-4.2 Умеет представлять результаты академической и профессиональной деятельности на различных мероприятиях, включая международные;	+	+

		– УК-4.3 Владеет интегративными умениями, необходимыми для написания, письменного перевода и редактирования различных текстов (рефератов, обзоров, статей и т.д.);	+	+	+
		– УК-4.4 Владеет интегративными умениями, необходимыми для эффективного участия в академических и профессиональных дискуссиях.	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

Очная форма обучения

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических (семинарских) занятий	Часы
1.	Раздел 1	Практическое занятие 1. Грамматические трудности изучаемого языка: Видовременные формы глагола в действительном залоге. (в письменной и устной речи в сфере делового общения.)	2
2.	Раздел 1	Практическое занятие 2. Особенности употребления страдательного залога в устной речи в ситуациях бизнес общения. Инфинитив. Образование и употребление инфинитивных оборотов в деловой корреспонденции.	4
3.	Раздел 1	Практическое занятие 3. Основы деловой корреспонденции. Деловое письмо. Требования к деловому письму. Способы расположения текста в деловом письме.	2
4.	Раздел 1	Практическое занятие 4. Практика устной речи по теме. «Речевой этикет делового общения» (знакомство, представление, установление и поддержание контакта, запрос и сообщение информации, побуждение к действию, выражение просьбы, согласия).	4
5.	Раздел 2	Практическое занятие 5. Лексические особенности деловой документации. Терминология бизнес-литературы на изучаемом языке.	2
6.	Раздел 2	Практическое занятие 6. Стилистические и лексические особенности языка делового общения. Активный и пассивный тематический словарный запас.	4
7.	Раздел 2	Практическое занятие 7. Грамматические трудности изучаемого языка. Особенности употребления неличных форм глагола в деловой документации на английском языке (причастия, причастные обороты, герундий).	2
8.	Раздел 2	Практическое занятие 8. Изучающее чтение текстов в сфере делового общения. Организация работы со специальными словарями. Понятие о реферировании текстов по специальности.	4
9.	Раздел 3	Практическое занятие 9. Практика устной речи по темам: «Проведение деловой встречи», «Заключение контракта». Устный обмен информацией: Устные контакты в ситуациях делового общения.	2
10.	Раздел 3	Практическое занятие 10. Изучающее чтение специальных текстов. Приемы работы со словарем. Составление рефератов и аннотаций.	4
11.	Раздел 3	Практическое занятие 11. Ознакомительное чтение по тематике: «В банке. Финансы»; «Деловые письма»; «Устройство на работу». Формы делового письма. Понятие деловой корреспонденции. Приемы работы с Интернетом и электронной почтой в процессе делового общения.	2

12.	Раздел 3	Практическое занятие 12. Презентация научного материала и разговорная практика делового общения по темам: «технологии будущего», «Бизнес проекты в сфере химии и химической технологии».	2

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- выполнение упражнений и тестовых заданий по тематике дисциплины;
- самостоятельную проработку теоретического материала по темам занятий;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу практического курса;
- подготовку к сдаче *экзамена* (1 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и оценки за *экзамен* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Тематика рефератов не предусмотрена.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольную работу 1 составляет: 20 баллов; за контрольную работу 2 – 20 баллов; за контрольную работу 3 – 20 баллов (1 семестр).

Раздел 1. Контрольная работа № 1.

Примеры заданий к контрольной работе № 1.

Контрольная работа содержит 3 задания:

1 задание: перевод текста с листа – 10 баллов,

2 задание: контроль лексики (50 лексических единиц) – 5 баллов,

3 задание: письменный перевод предложений на видовременные формы английского глагола – 5 баллов,

оценка за домашнюю работу и работу в аудитории – 5 баллов.

1. Прочитайте текст с последующим переводом с листа, обращая внимание на употребление видовременных форм глагола в действительном залоге.

Water purification

Water purification is the removal of contaminants from raw water to produce drinking water that is pure enough for human consumption or for industrial use. Substances that are removed during the process include parasites, bacteria, algae, viruses, fungi, minerals (including toxic metals such as Lead, Copper etc.), and man-made chemical pollutants. Many contaminants can be dangerous—but depending on the quality standards, others are removed to improve the water's smell, taste, and appearance. A small amount of disinfectant is usually intentionally left in the water at the end of the treatment process to reduce the risk of re-contamination in the distribution system. Many environmental and cost considerations affect the location and design of water purification plants. There are a number of methods commonly used to purify water. Their effectiveness is linked to the type of contaminant being treated and the type of application the water will be used for.

Filtration: This process can take the form of any of the following:

- Coarse filtration: Also called particle filtration, it can utilize anything from a 1 mm sand filter, to a filter.
- Micro filtration: Uses 1 to 0.1 micron devices to filter out bacteria. A typical implementation of this technique can be found in the brewing process.
- Ultra filtration: Removes pyroxenes, DNA and RNA fragments.
- Reverse osmosis: Often referred to as RO, reverse osmosis is the most refined degree of liquid filtration. Instead of a filter, it uses a porous material acting as a unidirectional sieve that can separate molecular-sized particles.

Distillation: Oldest method of purification. Inexpensive but cannot be used for an on-demand process. Water must be distilled and then stored for later use, making it again prone to contamination if not stored properly. Activated carbon adsorption: Operates like a magnet on chlorine and organic compounds. Ultraviolet radiation: At a certain wavelength, this might cause bacteria to be sterilized and other micro organics to be broken down. Deionization: Also known as ion exchange, it is used for producing purified water on-demand, by passing water through resin beds. Negatively charged (cationic) resin removes positive ions, while positively charged one (anionic) removes negative ions. Continuous monitoring and maintenance of the cartridges can produce the purest water.

2.Контроль лексики – 50 лексических единиц.

3. Перевод предложений на пройденный лексико-грамматический материал

The students were writing down all the data during the experiment.

The researchers will complete the experimental part of their investigation in a week.

They had already completed the experiment when he came.

This technician will have installed the new equipment in our lab by the beginning of the new year.

The production of zinc occurred much later than that of the other common metals.

A number of scientists have confirmed this suggestion.

That matter may exist in three physical states (solid, liquid and gas) is common knowledge.

According to the wave theory, light consists of rapid vibrations.

In the course of his investigations of the solar spectrum, Kirchhoff obtained a number of fundamental results.

In 1911, Ernest Rutherford put forward a model of the atom according to which the atom consists of a small, heavy, charged central nucleus surrounded by a charge distribution of the opposite sign.

Раздел 2. Контрольная работа № 2.

Примеры заданий к контрольной работе № 2.

Контрольная работа содержит 5 заданий:

1 задание: Устный перевод текста – 10 баллов,

2 задание: Письменный перевод 10 предложений (без словаря) – 5 баллов,

3 задание: Контроль лексики (50 лексических единиц) – 5 баллов.

Прочитайте текст с последующим переводом с листа, обращая внимание на употребление видовременных форм глагола в страдательном залоге и на инфинитивные конструкции.

Solid wastes are generally composed of non-biodegradable and non-compostable biodegradable materials. The latter refer to solid wastes whose biodeterioration is not complete; in the sense that the enzymes of microbial communities that feed on its residues cannot cause its disappearance or conversion into another compound. Parts of liquid waste materials are also considered as solid wastes, where the dredging of liquid wastes will leave solid sedimentation, to which proper waste management techniques should also be applied. Solid waste pollution is when the environment is filled with non-biodegradable and non-compostable biodegradable wastes that are capable of emitting greenhouse gases, toxic fumes, and particulate matters as they accumulate in open landfills. These wastes are also capable of leaching organic or chemical compositions to contaminate the ground where such wastes lay in accumulation. Solid wastes carelessly thrown in streets, highways, and alleyways can cause pollution when they are carried off by rainwater run-offs or by flood water to the main streams, as these contaminating residues will reach larger bodies of water.

2. Письменно переведите предложения (без словаря):

The engine to be installed in this car is very powerful.

Most scientists expect major development in the nearest future to take place in biology.

One will naturally think such course of events to be disastrous not only for science but for future of mankind.

He is not only critical of the work of others, but also of his own, since he knows the man to be the least reliable of scientific instruments.

The theory suggested by Dr. McCarty is reported to fit the experimental data.

For any natural physical state to change, some changes of the condition acting upon this state must occur.

We know acids and bases to be extremely useful substance.

In this experiment scientists seemed to have included some new compounds.

To understand the nature of this phenomenon was very difficult.

The purpose of this experiment is to find a solvent for this mixture.

3. Контроль лексики – 50 лексических единиц

Контрольная работа №3. Примеры заданий к контрольной работе №3.

Контрольная работа №3 содержит 3 задания:

1 задание: перевод статьи и составление к ней аннотации – 10 баллов,

2 задание: письменный перевод предложений, содержащих пройденные грамматические конструкции – 5 баллов,

3 задание: контроль лексики (50 лексических единиц) – 5 баллов,

1. Переведите статью и составьте к ней аннотацию:

What Are the Causes of Solid Waste Pollution?

Causes of solid waste pollution are pollutants from households, industrial units, manufacturing units, commercial establishments, landfills, hospitals and medical clinics. The

pollutants from these places may be in the form of non-biodegradable matter or non-compostable degradable matter.

Trash collected from households often takes the form of plastic bags and organic waste. Solid feces flowing out of homes and into sewers pollute underground water. Commercial establishments also pile up a lot of such waste matter. Industrial units involved in manufacturing produce toxic solid waste, such as slag, from the industrial process of obtaining metals from their ores.

Hospitals and clinics also produce waste in the form of disposable syringes, used test tubes, plastic bags used for collecting blood, cotton swabs and used bandages. Such solid waste needs careful handling and disposal. The soil becomes polluted with dangerous medical waste when such matter is disposed of directly into landfills.

Solid waste is usually dumped in landfills. Landfills are large pits in the ground that act as garbage disposal places. The biodegradable matter in landfills becomes a part of the soil gradually. The toxic non-biodegradable and non-compostable matter poses a health hazard as it does not decompose but mixes with the soil and the underground water.

Industrial incinerators are used to burn trash on a large scale. They cause pollution by emitting greenhouse gases while burning solid waste.

Recycling reduces pollution by cutting down on the amount of waste that sits in landfills and clutter that dirties streets, parks, roadsides, rivers and lakes. Solid waste material that ends up in landfills causes air pollution in the form of methane gas emissions. Recycling more waste reduces the amount of methane that escapes into the air. Recycling also reducing the production of virgin resources which process contributes to pollution.

When products such as glass, paper, plastic, wood and metals are thrown away and left to rot in a landfill, their presence leads to increased pollution. Likewise, trash that is thrown on the ground by pedestrians and motorists increases pollution. That debris scatters about and becomes an eyesore and environmental hazard.

Reclaiming city streets, parks, highways and waterways from the pollution created by trash and debris is a major priority for most cities across the United States. Pollution must constantly be monitored so that it does not get out of control and become overly destructive to the environment. When people are careless with trash, their behavior can ruin land and important waterways.

In a world that is increasingly crowded, recycling is crucial in order to prevent the further sprawl of toxic landfills that threaten the delicate balance of the ecosystem. Support the planet by separating recyclable materials into bins or taking materials to recycling centers.

2. Письменно переведите предложения (без словаря)

1. The phlogiston theory is a theory that postulated that a fire-like element called phlogiston is contained within combustible bodies and released during combustion.

2. The theory attempted to explain burning processes such as combustion and rusting, which are now collectively known as oxidation.

3. The theory of phlogiston was suggested by the German Georg Ernst Stahl in the early 18th century

4. Phlogiston remained the dominant theory until the 1780s when Lavoisier showed that combustion requires a gas that has mass (oxygen) and could be measured by means of weighing closed vessels

5. The development of the electrochemical theory of chemical combinations occurred in the early 19th century as the result of the work of two scientists in particular.

6. Davy discovered nine new elements including the alkali metals by extracting them from their oxides with electric current.

7. The current model of atomic structure is the quantum mechanical model.

8. Traditional chemistry starts with the study of elementary particles, atoms, molecules, substances, metals, crystals and etc.

9. This matter can be studied in solid, liquid, or gas states, in isolation or in combination.

10. The interactions, reactions and transformations that are studied in chemistry are usually the result of interactions between atoms, leading to rearrangements of the chemical bonds which hold atoms together.

3. Контроль лексики – 50 лексических единиц

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (1 семестр – экзамен).

Билет для *экзамена* включает контрольные вопросы по разделам 1-3 рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса. 1 вопрос – 15 баллов, вопрос 2 – 15 баллов, вопрос 3 – 10 баллов.

Примерный перечень вопросов:

1. Лексическая система языка.
2. Слово как важнейшая, относительно самостоятельная единица языка. Слово и его дефиниции. Обобщающая функция слова.
3. Лексическое значение слова. О понятии «лексика».
4. Науки, изучающие лексику (лексикология, семасиология, лексикография, фразеология, этимология и др.).
5. Пути пополнения лексики: развитие полисемии, заимствования, в том числе калькирование, словообразование.
6. Историческое изменение словарного состава языка. Этимология. Фразеология.
7. Лексикография. Основные типы лингвистических словарей.
8. Строение словарной статьи толкового и двуязычного словаря. Содержание словарной статьи.
9. Грамматический строй языка.
10. Основные единицы грамматического строя языка. Структура слова и словообразование.
11. Грамматическое значение и его формальные показатели.
12. Полифункциональность грамматических форм и взаимодействие грамматики с лексикой. Способы и средства выражения грамматических значений.
13. Грамматическая категория. Словоизменительные и несловоизменительные категории.
14. Классификации языков.
15. Принципы классификации языков: географический, культурно-исторический, этногенетический, типологический и др.
16. Индоевропейская языковая семья, её основные группы. Языки мёртвые и живые.
17. Праязык-основа. О прародине индоевропейского языка-основы.
18. Взаимодействие лингвистики с археологией, историей, этнографией и другими науками.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для экзамена (1 семестр)

Экзамен по дисциплине «*Деловой иностранный язык*» проводится в 1 семестре (очная форма обучения) и включает контрольные вопросы по разделам 1-3 учебной программы дисциплины. Билет для *экзамена* состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для экзамена:

«Утверждаю» Заведующая кафедрой иностранного языка (Должность, наименование кафедры) Кузнецова Т.И. (Подпись) (И. О. Фамилия) «__» _____ 202_ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра иностранных языков
	18.04.01 Химическая технология Профиль – «Технология функциональных материалов электроники и фотоники»
	Деловой иностранный язык
Билет № 1 1. Письменный перевод текста с английского языка на русский. 2. Устный перевод отрывка текста (с листа). 3. Сообщение и беседа по одной из пройденных тем Ответы на вопросы.	

1. Вопрос. Выполните письменный перевод текста с английского языка на русский (со словарем).

The term ecology is sometimes confused with the term environmentalism. Environmentalism is a social movement aimed at the goal of protecting natural resources or the environment, and which may involve political lobbying, activism, education, and so forth. Ecology is the science that studies living organisms and their interactions with the environment. As such, ecology involves scientific methodology and does not dictate what is "right" or "wrong." However, findings in ecology may be used to support or counter various goals, assertions, or actions of environmentalists.

Consider the ways an ecologist might approach studying the life of honeybees:

- The behavioural relationship between individuals of a species is behavioural ecology—for example, the study of the queen bee, and how she relates to the worker bees and the drones.
- The organized activity of a species is community ecology; for example, the activity of bees assures the pollination of flowering plants. Bee hives additionally produce honey, which is consumed by still other species, such as bears.
- The relationship between the environment and a species is environmental ecology—for example, the consequences of environmental change on bee activity. Bees may die out due to environmental changes. The environment simultaneously affects and is a consequence of this activity and is thus intertwined with the survival of the species.

2. Вопрос. Выполните устный перевод отрывка текста (с листа).

Hydroxide

Hydroxide is a chemical compound that contains the hydroxyl (-OH) radical. The term refers especially to inorganic compounds. Organic compounds that have the hydroxyl radical as a functional group are called alcohols; the hydroxyl radical is also present in the carboxyl group of organic acids. Most metal hydroxides are bases, forming solutions that have an excess of OH⁻ ions and a pH greater than 7, they neutralize acids, and change the colour of litmus from red to blue. Alkali metal hydroxides such as sodium hydroxide are considered to be strong bases and are very soluble in water; alkaline-earth metal hydroxides such as calcium hydroxide are much less soluble in water and are not as strongly basic. Magnesium hydroxide is only slightly basic. Some hydroxides (e.g., aluminium hydroxide) exhibit amphotericism¹, having either acidic or basic properties depending on the reaction in which they are involved. The hydroxides of some non-metallic elements are acidic; the hydroxide of sulphur, S(OH)₆, spontaneously loses two molecules of water to form sulphuric acid, H₂SO₄. Ammonium hydroxide, NH₄OH, is a weak base known only in the solution that is formed when the gas ammonia, NH₃, dissolves in water.

3. Вопрос: Беседа по теме: Mendeleev University.
1. Speak about the foundation and structure of the university.
2. What kind of subjects do you study?

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Английский язык для химиков – технологов: учебно-методический комплекс в 2 ч.: учеб. пособие/. Кузнецова Т. И. Воловикова Е. В. Кузнецов И. А.; под ред. Т. И. Кузнецовой – М.: М. РХТУ, 2021 г. - 412 с.
2. Кузнецов, И. А., Кузнецова, Т. И., Дистанционный образовательный электронный курс «Английский язык для профессиональной коммуникации» размещённый в ЭСУО Moodle [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. А. Кузнецов, Т. И. Кузнецова — Электрон. дан. — Москва: РХТУ, 2018.
3. Кузьменкова, Ю. Б. Английский язык для технических направлений (А1): учебное пособие для вузов / Ю. Б. Кузьменкова. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 207 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11608-3. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/495261> (дата обращения: 08.02.2024).
4. Беляева, И. В. Иностранный язык в сфере профессиональной коммуникации: комплексные учебные задания [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. В. Беляева, Е. Ю. Нестеренко, Т.И. Сорогина. — Электрон. дан. — Москва: ФЛИНТА, 2017. — 132 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/92749>.
5. Английский язык для естественно-научных направлений: учебник и практикум для вузов / Л. В. Полубиченко, Е. Э. Кожарская, Н. Л. Моргун, Л. Н. Шевырдяева; под редакцией Л. В. Полубиченко. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 311 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15168-8. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/489569> (дата обращения: 08.02.2024).

Б. Дополнительная литература

1. Англо-русский словарь химико-технологических терминов / Е. С. Бушмелева, Л. К. Генг, А. А. Карпова, Т. П. Рассказова. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 132 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08001-8. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/493385> (дата обращения: 08.02.2024).
2. Стогниева, О. Н. Английский язык для ИТ-направлений. English for Information Technology: учебное пособие для вузов / О. Н. Стогниева. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 143 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07849-7. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492791> (дата обращения: 08.02.2024).
3. Краснова, Т. И. Английский язык для специалистов в области интернет-технологий. English for Internet Technologies: учебное пособие для вузов / Т. И. Краснова, В. Н. Вичугов. — 2-е изд. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 205 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8573-3. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/490272> (дата обращения: 08.02.2024).

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
 - Презентации к лекциям.
- Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.openet.ru> – Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ;
 - <http://window.edu.ru/> – Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»;
 - <http://fepo.i-exam.ru> – ФЭПО: соответствие требованиям ФГОС;
 - <https://muctr.ru> – Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, D.Mendeleev University of Chemical Technology of Russia. Учебные планы и программы;
 - <http://www.translators-union.ru> – портал Союз переводчиков России (СПР);
 - <http://www.russian-translators.ru> – Национальная лига переводчиков;
 - <http://www.internationalwriters.com> – The Translator's Tool Box.
- Бесплатные официальные открытые ресурсы Интернет:
- <http://doaj.org/> – Directory of Open Access Journals (DOAJ); ресурс объединяет более 10000 научных журналов по различным отраслям знаний (около 2 миллионов статей) из 134 стран мира;
 - <https://www.doabooks.org/> – Directory of Open Access Books (DOAB); в базе размещено более 3000 книг по различным отраслям знаний, предоставленных 122 научными издательствами;
 - <https://www.biomedcentral.com/> – BioMed Central; база данных включает более 300 рецензируемых журналов по биомедицине, медицине и естественным наукам. Все статьи, размещенные в базе, находятся в свободном доступе;
 - <https://arxiv.org/> – электронный ресурс arXiv; крупнейшим бесплатный архив электронных научных публикаций по разделам физики, математики, информатики, механики, астрономии и биологии. Имеется подробный тематический каталог и возможность поиска статей по множеству критериев;
 - <http://www.mdpi.com/> – коллекция журналов MDPI AG; междисциплинарный цифровой издательский ресурс, является платформой для рецензируемых научных журналов открытого доступа, издающихся MDPI AG (Базель, Швейцария). Издательство выпускает более 120 разнообразных электронных журналов, находящихся в открытом доступе;
 - <http://www.intechopen.com/> – издательство с открытым доступом InTech; первое и крупнейшее в мире издательство, публикующее книги в открытом доступе, около 2500 научных изданий. Основная тематическая направленность - физические и технические науки, технологии, медицинские науки, науки о жизни;
 - <http://www.chemspider.com/> – база данных химических соединений ChemSpider; ChemSpider – это бесплатная химическая база данных, предоставляющая быстрый доступ к более чем 28 миллионам структур, свойств и соответственной информации. Ресурс принадлежит Королевскому химическому обществу Великобритании (Royal Society of Chemistry);
 - <http://journals.plos.org/plosone/> – Коллекция журналов PLOS ONE; PLOS ONE – коллекция журналов, в которых публикуются отчеты о новых исследованиях в области естественных наук и медицины. Все журналы размещены в свободном доступе (Open Access), все статьи проходят строгое научное рецензирование;
 - <http://www.uspto.gov/> – US Patent and Trademark Office (USPTO); Ведомство по патентам и товарным знакам США — USPTO — предоставляет свободный доступ к американским патентам, опубликованным с 1976 г. по настоящее время;
 - <http://worldwide.espacenet.com/> – Espacenet - European Patent Office (EPO); Патенты (либо патентные заявки) более 50 национальных и нескольких международных патентных бюро, в том числе полные тексты патентов США, России, Франции, Японии и др.

– http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru – Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС).

Информационные ресурсы ФИПС свободного доступа:

- Электронные бюллетени. Изобретения. Полезные модели.
- Открытые реестры российских изобретений и заявок на изобретения.
- Рефераты российских патентных документов за 1994–2016 гг.
- Полные тексты российских патентных документов из последнего официального бюллетеня.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных практических занятий;
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов -300);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов 300).
- онлайн-курсы на портале study.muctr.ru "Английский язык для профессиональной коммуникации" (<https://study.muctr.ru/course/view.php?id=220>), межфакультетский образовательный онлайн курс «Теория и практика перевода» (<https://study.muctr.ru/course/view.php?id=217>), аудиозаписи текстов, предусмотренных в программе для чтения и перевода в процессе обучения.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Иностранный язык*» проводятся в форме практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет. Компьютерный класс, оргтехника, теле-, аудио - и видеоаппаратура; мультимедийный проектор, широкоформатный экран.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Комплекты плакатов к разделам занятий.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

- информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам занятий;
- электронные презентации к разделам занятий; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде;
- кафедральная библиотека электронных изданий и диссертационных работ, выполненных аспирантами и сотрудниками кафедры.

Электронные информационные ресурсы, доступные пользователям

РХТУ им. Д.И. Менделеева

в 2025 году (2 квартал)

Фонд ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 экз.

№	Электронный ресурс	Реквизиты договора (номер, дата заключения, срок действия), ссылка на сайт ЭБС, сумма договора, количество ключей	Характеристика библиотечного фонда, доступ к которому предоставляется договором
1.	Электронно - библиотечная система ИБЦ РХТУ им. Д.И. Менделеева (на базе АИБС «Ирбис»)	Принадлежность – собственная РХТУ. Ссылка на сайт ЭБС – http://lib.muctr.ru/ Доступ для пользователей РХТУ с любого компьютера	Электронные версии учебных и научных изданий авторов РХТУ по всем ООП.
2.	CAS SciFinder Discovery Platform	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ	CAS SciFinder Discovery Platform - платформа, созданная Chemical Abstracts Service подразделением Американского химического общества.

		от 05.05.2025 г. № 327 С 01.01.2025.г. до 30.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://scifinder-n.cas.org Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен.	CAS SciFinder - онлайн-сервис, обеспечивающий поиск и анализ информации в области химии, биохимии, фармацевтики, генетики, химической инженерии, материаловедения, нанотехнологий, физики, геологии, металлургии и других смежных дисциплин.
3.	Wiley Journals Database	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 05.05.2025 г. № 326, 329 С 01.01.2025.г. до 30.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://onlinelibrary.wiley.com Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа: https://www.wiley.com/en-us/customer-success/brightcove-research-training/how-to-access-wiley-online-library-content-remotely	John Wiley & Sons, Inc. – крупнейшее академическое издательство с мультидисциплинарным контентом. В портфолио издательства более 1600 научных рецензируемых журналов, 22 000 книг и монографий, а также 250 справочников и энциклопедий. Wiley Journal Database и Wiley Journal Backfiles – полнотекстовые коллекции, которые включают в себя как текущие, так и архивные выпуски из более чем 1700 журналов издательства, охватывающие такие области как гуманитарные, естественные, общественные и технические науки, а также сельское хозяйство, медицину и здравоохранение. Глубина доступа: 1997 - 2004 гг. (до 30.06.2025 г.); 2025 г. (бессрочно)

4.	Questel. База данных Orbit Premium edition	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 25.04.2025 г. № 310 С 01.01.2025.г. до 30.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://www.orbit.com Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Удаленный доступ к ресурсу только через SAML (Security Assertion Markup Language) аутентификацию.	Orbit Premium edition (Orbit Intelligence Premium) – база данных патентного поиска, объединяющая информацию о более чем 122 миллионах патентных публикаций, полученную из 120 международных патентных ведомств, включая РосПатент, Всемирную организацию интеллектуальной собственности (ВОИС), Европейскую патентную организацию. База включает не только зарегистрированные патенты, но и документы от стадии заявки до регистрации. Большинство документов содержат аннотации на английском языке, полные тексты документов приводятся на языке оригинала.
5.	Электронные ресурсы издательства SAGE Publications eBook Collections	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 30.10.2022 г. № 1403 С 01.11.2022.г. – бессрочно Ссылка на сайт – https://sk.sagepub.com/books/discipline Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен.	eBook Collections - полнотекстовая коллекция электронных книг (монографий) издательства SAGE Publications по различным областям знаний. Глубина доступа: 1984 - 2021 гг.

6.	World Scientific Publishing Co Pte Ltd. База данных World Scientific Complete eJournal Collection	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 15.06.2023 г. № 883 С 01.11.2022.г. до 01.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://www.worldscientific.com Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен	World Scientific Complete eJournal Collection – мультидисциплинарная полнотекстовая коллекция журналов международного научного издательства World Scientific Publishing, которая охватывает такие тематики, как математика, физика, компьютерные науки, инженерное дело, науки о жизни, медицина и социальные науки. Особое внимание в коллекции уделено исследованиям Азиатско-тихоокеанского региона, которые объединены в группу журналов Asian Studies. Глубина доступа: 2001-2025
7.	Электронные ресурсы Springer Nature	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 29.12.2022 г. № 1948 Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	Springer Journals – полнотекстовая политематическая коллекция журналов издательства Springer по различным отраслям знаний, которая включает более 2 900 наименований журналов по дисциплинам: Глубина доступа: 1997 - 2024 гг.
		Бессрочно Ссылка на сайт- https://www.nature.com	Nature Journals – полнотекстовая коллекция журналов издательства Nature Publishing Group, входящего в группу компаний Springer Nature, включающая журналы издательств Nature, Academic journals, Scientific American и Palgrave Macmillan. Глубина доступа: 2007 - 2024 гг.
		Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	Adis Journals – полнотекстовая коллекция журналов и информационных бюллетеней издательства Adis, размещенная на платформе Springer Nature. Коллекция включает 19 рецензируемых журналов по медицине, биомедицине и фармакологии. Глубина доступа: 2020 - 2024 гг.

		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства.	
8.	Электронные ресурсы Springer Nature Physical Sciences & Engineering Package	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 20.03.2024 г. № 254 Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	1. Springer Journals – база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2024 г.), а именно тематические коллекции Physical Sciences & Engineering Package на платформе https://link.springer.com/
		Бессрочно Ссылка на сайт- https://www.nature.com	2. Nature Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы Nature Publishing Group, а именно Nature journals (год издания - 2024 г.) тематической коллекции Physical Sciences & Engineering Package на платформе: https://www.nature.co
		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства.	
9.	Электронные ресурсы Springer Nature Social Sciences Package	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 20.03.2024 г. № 254 Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	1. Springer Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2024 г.), а именно тематическую коллекцию Social Sciences Package на платформе: https://link.springer.com/
		Бессрочно Ссылка на сайт- https://www.nature.com	2. Nature Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2034 г.), а именно тематическую коллекцию Social Sciences Package на платформе: https://link.springer.com/
		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства.	

10.	База данных 2021, 2023 eBook Collections Springer Nature	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 02.08.2022 г. № 1045 Информационное письмо РФФИ от 29.12.2022 г. № 1947 Бессрочно Ссылка на сайт http://link.springer.com/ О настройках удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства. Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен.	Springer eBook Collections – полнотекстовая архивная коллекция электронных книг издательства Springer Nature на английском языке по различным отраслям знаний. Глубина доступа: 2005 - 2010 гг.; 2018 - 2024 гг.
11.	Электронные ресурсы AIPP Digital Archive издательства American Institute of Physics Publishing	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 29.12.2022 г. № 1945 Бессрочно Ссылка на сайт- https://scitation.org Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен	AIPP Journal Collection – база данных, содержащая архивную полнотекстовую коллекцию из 29 журналов и сборников конференций издательства American Institute of Physics Publishing. в области прикладной физики и смежных областях знания. Глубина доступа: 1929-1998 гг.
12.	Электронные ресурсы AIPP E- Book Collection I + Collection II издательства American Institute of Physics Publishing	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 31.10.2022 г. № 1404 С 01.11.2022 г. – бессрочно Ссылка на сайт- https://scitation.org/ebooks Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен	AIPP Ebook Collection I + AIPP Ebook Collection II – полнотекстовые коллекции книг издательства American Institute of Physics Publishing в области прикладной и химической физики, биологии, энергетики, оптики, фотоники, материаловедения и нанотехнологий и др. Глубина доступа: 2020 - 2022 гг.

13.	Bentham Science Publishers База данных Journals	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 24.08.2022 г. № 1136 Бессрочно Ссылка на сайт – https://eurekaselect.com/bypublication С инструкцией по настройке удаленного доступа можно ознакомиться по ссылке Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен.	Bentham journal collection – полнотекстовая коллекция журналов издательства Bentham Science, которое публикует научные, технические и медицинские издания, охватывающие различные области от химии и химической технологии, инженерии, фармацевтических исследований и разработок, медицины до социальных наук. Глубина доступа: 2000 - 2021 гг. (до 01.06.2025 г.); 2022 - 2025 гг.
14.	Bentham Science Publishers База данных eBooks	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 08.09.2022 г. № 1217 Бессрочно Ссылка на сайт – https://eurekaselect.com/bybook Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен.	Books – полнотекстовая коллекция электронных книг издательства Bentham Science Publishers, в которую включены издания по следующим областям науки: химия, физика, материаловедение, астрономия, оптика, фотоника, энергетика, инженерия, математика, статистика, информатика и вычислительная техника, медицина, фармакология, окружающая среда, бизнес, экономика, финансы и др. Глубина доступа: 2004 - 2022 гг.

15.	EBSCO eBook	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 28.04.2023 г. № 708 Бессрочно Ссылка на сайт – https://web.p.ebscohost.com/ehost/search/basic?vid=0&sid=d6f3a513-2512-4b52-bd8c-4ff40c184aed%40redis Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Удаленный доступ по индивидуальной регистрации.	EBSCO eBooks – полнотекстовая междисциплинарная коллекция, которая включает более 5000 электронных книг от ведущих научных и университетских издательств и охватывает широкий спектр тем: бизнес, всемирная история, инженерия, литературоведение, медицина, образование, политология, религия, социальные науки, технологии, философия, экономика, языковедение и др. Глубина доступа: 2011 - 2023 гг.
16.	Научные журналы РАН	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 29.10.2024 г. № 1080 Бессрочно Ссылка на сайт – https://journals.rcsi.science/ Доступ осуществляется на основе IP-адресов университета и персональной регистрации	Полнотекстовая коллекция журналов Российской академии наук включает 141 наименование журналов, охватывающих различные научные специальности. Глубина доступа: 2023-2025 Бессрочно

Бесплатные архивные коллекции, приобретенные Минобрнауки для вузов.

[Архив Издательства American Association for the Advancement of Science. Пакет «Science Classic» 1880-1996](#)

[Архив Издательства Annual Reviews. Пакет «Full Collection» 1932-2005](#)

[Архив издательства Института физики \(Великобритания\). Пакет «Historical Archive 1874-1999» с первого выпуска каждого журнала по 1999, 1874-1999](#)

[Архив издательства Nature Publishing Group. Пакет «Nature» с первого выпуска первого номера по 2010, 1869-2010](#)

[Архив издательства Oxford University Press. Пакет «Archive Complete» с первого выпуска каждого журнала по 1995, 1849-1995](#)

[Архив издательства Sage. Пакет «2010 SAGE Deep Backfile Package» с первого выпуска каждого журнала по 1998, 1890-1998](#)

[Архив издательства Taylor & Francis. Full Online Journal Archives. с первого выпуска каждого журнала по 1996, 1798-1997](#)

[Архив издательства Cambridge University Press. Пакет «Cambridge Journals Digital Archive \(CJDA\)» с первого выпуска каждого журнала по 2011, 1827-2011](#)

Бесплатные официальные открытые ресурсы Интернет:

1. Directory of Open Access Journals (DOAJ) <http://doaj.org/>
Ресурс объединяет более 10000 научных журналов по различным отраслям знаний (около 2 миллионов статей) из 134 стран мира.
2. Directory of Open Access Books (DOAB) <https://www.doabooks.org/>
В базе размещено более 3000 книг по различным отраслям знаний, предоставленных 122 научными издательствами.
3. BioMed Central <https://www.biomedcentral.com/> База данных включает более 300 рецензируемых журналов по биомедицине, медицине и естественным наукам. Все статьи, размещенные в базе, находятся в свободном доступе.
3. Электронный ресурс arXiv <https://arxiv.org/>
Крупнейшим бесплатный архив электронных научных публикаций по разделам физики, математики, информатики, механики, астрономии и биологии. критериев.
4. Коллекция журналов MDPI AG <http://www.mdpi.com/>
Многодисциплинарный цифровой издательский ресурс выпускает более 120 разнообразных электронных журналов, находящихся в открытом доступе.
5. Издательство с открытым доступом InTech <http://www.intechopen.com/>
Первое и крупнейшее в мире издательство, публикующее книги в открытом доступе, около 2500 научных изданий. Основная тематическая направленность - физические и технические науки, технологии, медицинские науки, науки о жизни.
6. База данных химических соединений ChemSpider <http://www.chemspider.com/>
ChemSpider – это бесплатная химическая база данных, предоставляющая быстрый доступ к более чем 28 миллионам структур, свойств и соответственной информации. Ресурс принадлежит Королевскому химическому обществу Великобритании (Royal Society of Chemistry).
7. Коллекция журналов PLOS ONE <http://journals.plos.org/plosone/>
PLOS ONE – коллекция журналов, в которых публикуются отчеты о новых исследованиях в области естественных наук и медицины. рецензирование.
8. US Patent and Trademark Office (USPTO) <http://www.uspto.gov/>
Ведомство по патентам и товарным знакам США — USPTO — предоставляет свободный доступ к американским патентам, опубликованным с 1976 г. По настоящее время.
9. Espacenet - European Patent Office (EPO) <http://worldwide.espacenet.com/>
Патенты (либо патентные заявки) более 50 национальных и нескольких международных патентных бюро, в том числе полные тексты патентов США, России, Франции, Японии и др.
10. Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС)
http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru
Информационные ресурсы ФИПС свободного доступа:
 - Электронные бюллетени. Изобретения. Полезные модели.
 - Открытые реестры российских изобретений и заявок на изобретения.
 - Рефераты российских патентных документов за 1994–2016 гг.
 - Полные тексты российских патентных документов из последнего официального бюллетеня
11. The Association for Computing Machinery (ACM) – международное некоммерческое профессиональное сообщество, основанное в 1947 году, объединяющее преподавателей, исследователей и специалистов в области вычислительной техники, информационных и компьютерных технологий. Ссылка на ресурс: <https://dl.acm.org> Ссылка на раздел Open access: <https://www.acm.org/publications/openaccess>

12. Annual Reviews – некоммерческая академическая издательская компания, выпускающая журналы с 1932 года.
В портфолио издательства 51 журнал, тематика которых охватывает области естественных и социальных наук, наук о жизни, биомедицину, экономику и др.
Ссылка на ресурс: <https://www.annualreviews.org/>
Ссылка на раздел Open access: <https://www.annualreviews.org/S2O>
13. Cambridge University Press – старейшее в мире университетское издательство, публикующее исследовательские работы, справочные и учебные материалы по широкому кругу дисциплин. Контент издательства представлен на онлайн-платформе Cambridge Core, на которой доступно 117 журналов и 372 книги открытого доступа, 317 журналов гибридного доступа.
Ссылка на ресурс: <https://www.cambridge.org/universitypress>
Ссылка на раздел Open access: <https://www.cambridge.org/core/publications/open-access>
14. The Royal Society of Chemistry включает 12 журналов «золотого» открытого доступа, кроме того, все журналы общества являются гибридными и в них могут публиковаться материалы открытого доступа.
Журналы общества охватывают основные химические науки, включая смежные области, такие как биология, биофизика, энергетика и окружающая среда, машиностроение, материаловедение, медицина и физика.
Ссылка на ресурс: <https://pubs.rsc.org/en/journals?key=title&value=current>
Ссылка на раздел Open access: <https://www.rsc.org/journals-books-databases/open-access/>
15. Taylor & Francis на сегодняшний день издательство выпускает около 180 журналов с полностью открытым доступом.
Ссылка на ресурс: <https://www.tandfonline.com/>
Ссылка на раздел Open access: <https://www.tandfonline.com/openaccess/openjournals>
16. Издательство John Wiley & Sons, Inc. включает около 230 журналов «золотого» открытого доступа и более 1300 гибридных журналов.
Ссылка на ресурс: <https://onlinelibrary.wiley.com/action/doSearch?AllField=&ConceptID=15941&startPage=>
Ссылка на раздел Open access: <https://authorservices.wiley.com/open-research/open-access/browse-journals.htm>

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	ABBYY FineReader 10 Professional Edition	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	20 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
2.	CorelDRAW Graphics Suite X5 Education License	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	5 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
3.	Управление проектами Project expert tutorial	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
4.	Неисключительная лицензия на использование SOLIDWORKS EDU Edition 2019-2020 Network - 200 Users	Контракт №28- 35ЭА/2020 от 26.05.2020	Сетевая лицензия на 200 пользователей	бессрочная
5.	SolidWorks EDU Edition 2020-2021 Network - 200 U бессрочная sers	Контракт № 90- 133ЭА/2021 от 07.09.2021	Сетевая лицензия на 200 пользователей	бессрочная
6.	Неисключительная лицензия на право использования Учебного комплекта Компас-3D v21 на 50 мест КТПП	Контракт №189- 240ЭА/2023 от 15.01.2024	Учебный комплект программного обеспечения КОМПАС-3D v21 "Проектирование и конструирование в машиностроении" на 50 мест	бессрочная
7.	Среда разработки Delphi	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
8.	Среда разработки C++ Builder	Контракт № 143-	1 лицензия для активации на	бессрочная

		164ЭА/2010 от 14.12.10	рабочих станциях	
9.	Среда разработки Simulink Control Design Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
10.	Система проектирования СА ErWin Modeling Suite Bundle	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
11.	OriginPro 8.1 Department Wide License	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
12.	Программа обработки экспериментальных данных BioOffice ultra	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
13.	Программа обработки экспериментальных данных Chemdraw pro	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
14.	Программа обработки экспериментальных данных Chemdraw ultra	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
15.	MATLAB Academic new Product Group Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	3 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
16.	MATLAB Classroom Suite new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
17.	Instrument Control Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
18.	Image Processing Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
19.	Fuzzy Logic Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная

		от 14.12.10		
20.	System Identification Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
21.	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
22.	Statistics Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
23.	Global Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
24.	Partial Differential Equation Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
25.	Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
26.	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
27.	NI Circuit Design Suite	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	10 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
28.	Неисключительная лицензия OriginLab ORIGINPRO- New License Node-Lock License Singl Seat EDUCATIONAL	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	13 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
29.	Неисключительная лицензия Originlab Annual Maintenance Renewal OriginPro 2022b Perpetual Node-Locked Academic Licens	Контракт №72-99ЭА/2022 от 29.08.2022	13 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
30.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-	24 лицензии для активации на	бессрочная

		64ЭА/2013 от 02.12.2013	рабочих станциях	
31.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28- 35ЭА/2020 от 26.05.2020	150 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
32.	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62- 64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
33.	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook	Контракт №175- 262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
34.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	-	24 месяца (продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
35.	iSpring Suite Max	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	1 лицензия для активации на рабочих станциях	02.12.2025
36.	iSpring Suite версия 11	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	1 лицензия для активации на рабочих станциях	02.12.2025
37.	Планы Мини	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	1	30.09.2025
38.	Astra Linux Special Edition для 64-х разрядной платформы на базе процессорной архитектуры x86-64	Контракт №189- 240ЭА/2023	60 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная

		от 15.01.2024		
39.	COMSOL Multiphysics, Лицензия на учебный класс (CKL)	Контракт № 109-132ЭА/2023 от 22.09.2023	1	бессрочная
40.	COMSOL Multiphysics, Плавающая сетевая лицензия (FNL)	Контракт № 109-132ЭА/2023 от 22.09.2023	1	бессрочная
41.	Антиплагиат.ВУЗ 5.0	Контракт № 13-143К/2025 от 30.04.2025	1	19.05.2026

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Грамматические аспекты делового общения на иностранном языке	<i>Знает:</i> – русские эквиваленты основных слов и выражений деловой и профессиональной речи; – основные приемы и методы перевода, реферирования и аннотирования литературы по специальности; – пассивную и активную лексику, в том числе деловую, общенаучную и специальную терминологию, необходимую для работы над типовыми текстами. <i>Умеет:</i> – вести речевую деятельность применительно к сфере деловой и профессиональной коммуникации; – работать с оригинальной литературой по специальности; – работать со словарем. <i>Владеет:</i> – иностранным языком на уровне делового и профессионального общения, навыками и умениями речевой деятельности применительно к сфере деловой и профессиональной коммуникации; – основной иноязычной терминологией специальности.	Оценка за контрольную работу № 1 (1 семестр)
Раздел 2. Чтение, перевод и особенности специальной бизнес-литературы.	<i>Знает:</i> – основные способы сочетаемости лексических единиц и основные словообразовательные модели; – русские эквиваленты основных слов и выражений деловой и профессиональной речи; – основные приемы и методы перевода, реферирования и аннотирования литературы по специальности; – приемы работы с оригинальной литературой по специальности. <i>Умеет:</i> – работать с оригинальной литературой по специальности; – работать со словарем; – вести деловую переписку на изучаемом языке. <i>Владеет:</i> – иностранным языком на уровне делового и профессионального общения, навыками и умениями речевой деятельности применительно к сфере бытовой, деловой и профессиональной коммуникации;	Оценка за контрольную работу № 2 (1 семестр)

Раздел 3. Профессиональная коммуникация в сфере делового общения	– формами деловой переписки, навыками подготовки текстовых документов в управленческой деятельности; – основной иноязычной терминологией специальности. <i>Знает:</i> – русские эквиваленты основных слов и выражений профессиональной речи; – основные приемы и методы перевода, реферирования и аннотирования литературы по специальности; – пассивную и активную лексику, в том числе общенаучную и специальную терминологию, необходимую для работы над типовыми текстами; – приемы работы с оригинальной литературой по специальности. <i>Умеет:</i> – работать с оригинальной литературой по специальности; – работать со словарем; – вести деловую переписку на изучаемом языке; – вести речевую деятельность применительно к сфере бытовой и профессиональной коммуникации. <i>Владеет:</i> – иностранным языком на уровне делового и профессионального общения, навыками и умениями речевой деятельности применительно к сфере деловой и профессиональной коммуникации, основами публичной речи; – формами деловой переписки, навыками подготовки текстовых документов в управленческой деятельности; – основами реферирования и аннотирования литературы по специальности.	Оценка за контрольную работу № 3 (1 семестр) Оценка за экзамен (1 семестр)

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Деловой иностранный язык»
 основной образовательной программы
18.04.01 Химическая технология
 магистерская программа
«Технология функциональных материалов электроники и фотоники»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Дополнительные главы математики»

Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена

заведующим кафедрой высшей математики, к.т.н. Е.Г.Рудаковской,

доцентом кафедры высшей математики, к.т.н. Е.Л.Гордеевой,

доцентом кафедры высшей математики, к.т.н. В.В.Осипчик

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры высшей математики РХТУ
им. Д.И. Менделеева «15» мая 2025 г., протокол № 7.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 Химическая технология** (ФГОС ВО), накопленного опытом преподавания дисциплины кафедрой высшей математики РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение курса в течение одного семестра.

Дисциплина «**Дополнительные главы математики**» относится к дисциплинам учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что для успешного освоения дисциплины обучающийся должен знать основы высшей математики, теории вероятностей и математической статистики, изучаемые в курсе «Математика» бакалавриата.

Цель дисциплины – знакомство с современными методами статистической обработки экспериментальных данных с использованием средств информационных технологий на основе углублённого изучения курса математической статистики.

Задачи дисциплины – получение представлений об актуальных проблемах использования статистических методов в химии и химической технологии, а также практическая реализация основных подходов к анализу данных с использованием вероятностно-статистических методов.

Дисциплина «**Дополнительные главы математики**» преподаётся в 1 семестре. Контроль успеваемости студентов ведётся по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **профессиональных компетенций и индикаторов их достижения**:

Код и наименование ПК	Код и наименование индикаторов достижения ПК
ПК-2. Способен к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи	ПК-2.1. Знает алгоритм поиска, оценки и анализа научно-технической информации ПК-2.2. Умеет обобщать и систематизировать научно-техническую информацию
ПК-3 Способен применять современные приборы и методы исследования, планировать, организовывать и проводить эксперименты и испытания, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты	ПК-3.3. Владеет приемами обработки, анализа и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- основные приёмы и методы обработки статистической информации: расчёт выборочных характеристик случайных величин, использование статистических гипотез для переноса результатов выборочного обследования на генеральную совокупность;
- методы регрессионного и корреляционного анализа;
- основы дисперсионного анализа;

- методы анализа многомерных данных;
 - базовую терминологию, относящуюся к теоретическому описанию основных перспективных направлений развития методов обработки экспериментальных данных;
- уметь:**
- анализировать и критически оценивать современные научные достижения в области своих научных исследований;
 - использовать полученные знания для решения профессиональных и социальных задач.
- владеть:**
- базовой терминологией, относящейся к статистической обработке экспериментальных данных;
 - практическими навыками обработки статистической информации с использованием информационных технологий;
 - методологией современных научных исследований, критической оценкой полученных результатов, творческим анализом возникающих новых проблем в области химии и химической технологии.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего		Семестр	
			1	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	2	72	2	72
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,94	34	0,94	34
Лекции	0,44	16	0,44	16
Практические занятия (ПЗ)	0,5	18	0,5	18
Самостоятельная работа	1,06	38	1,06	38
Контактная самостоятельная работа	1,06	0,4	1,06	0,4
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		37,6		37,6
Вид контроля – Зачет с оценкой				
Вид итогового контроля:			Зачет с оценкой	

Вид учебной работы	Всего		Семестр	
			1	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	2	54	2	54
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,94	25,5	0,94	25,5
Лекции	0,44	12	0,44	12
Практические занятия (ПЗ)	0,5	13,5	0,5	13,5
Самостоятельная работа	1,06	28,5	1,06	28,5
Контактная самостоятельная работа	1,06	0,3	1,06	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		28,2		28,2
Вид контроля – Зачет с оценкой				
Вид итогового контроля:			Зачет с оценкой	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов			
		Всего	Лекции	Практи- ческие занятия	Самостоя- тельная работа
	Раздел 1. Основы математической статистики	32	8	6	18
1.1	Основные статистические методы анализа экспериментальных данных. Применение информационных технологий для обработки результатов эксперимента.	8	2	2	4
1.2	Предварительная обработка результатов эксперимента: построение эмпирической функции распределения, гистограммы, кумуляты. Получение статистических оценок распределения выборки.	8	2	2	4
1.3	Проверка статистических гипотез. Проверка гипотез о равенстве дисперсий, о равенстве математических ожиданий. Проверка гипотезы о виде закона распределения. Проверка гипотез непараметрическими методами.	8	2	1	5
1.4	Вычисление выборочного коэффициента корреляции Пирсона. Ранговые коэффициенты корреляции. Оценка значимости коэффициентов корреляции.	8	2	1	5
	Раздел 2. Статистические методы анализа данных	16	4	4	8
2.1	Однофакторный и двухфакторный дисперсионный анализ.	8	2	2	4
2.2	Регрессионный анализ. Построение уравнения регрессии от одного параметра.	8	2	2	4
	Раздел 3. Статистическая обработка многомерных данных	24	4	8	12
3.1	Понятие о методах анализа многомерных данных. Основы корреляционного и ковариационного анализа. Множественная регрессия.	8	2	2	4

3.2	Методы снижения размерности: метод главных компонент и факторный анализ.	8	1	3	4
3.3	Основные методы классификации: кластерный и дискриминантный анализ. Перспективы развития статистических методов обработки экспериментальных данных.	8	1	3	4
	Всего часов:	72	16	18	38

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Основы математической статистики

1.1. Основные статистические методы анализа экспериментальных данных. Типы измерительных шкал. Применение информационных технологий для обработки результатов эксперимента.

1.2. Предварительная обработка результатов эксперимента: построение эмпирической функции распределения, гистограммы, кумуляты. Получение статистических оценок распределения выборки. Свойства оценок. Точечные оценки. Интервальные оценки параметров распределения.

1.3. Проверка статистических гипотез. Основные понятия. Схема проверки гипотез. Проверка гипотез о равенстве дисперсий, о равенстве математических ожиданий. Проверка гипотезы о виде закона распределения по критерию χ^2 – Пирсона. Проверка гипотез непараметрическими методами: критерий Манна-Уитни и критерий Вилкоксона.

1.4 Вычисление выборочного коэффициента корреляции Пирсона. Ранговые коэффициенты корреляции Спирмена и Кендалла. Оценка значимости коэффициентов корреляции.

Раздел 2. Статистические метода анализа данных

2.1. Дисперсионный анализ: понятие дисперсионного анализа, основные определения. Однофакторный и двухфакторный дисперсионный анализ.

2.2. Регрессионный анализ. Линейная регрессия от одного параметра. Оценка значимости коэффициентов уравнения регрессии и его адекватности. Нелинейная регрессия.

Раздел 3. Статистическая обработка многомерных данных

3.1. Понятие о методах анализа многомерных данных. Назначение и классификация многомерных методов. Основы корреляционного и ковариационного анализа. Многомерный регрессионный анализ.

3.2. Методы снижения размерности: метод главных компонент и факторный анализ. Основные понятия и предположения факторного анализа. Общий алгоритм. Основные этапы факторного анализа.

3.3. Основные методы классификации. Дискриминантный анализ Основные понятия и предположения дискриминантного анализа. Дискриминантный анализ как метод классификации объектов. Кластерный анализ. Общая характеристика методов кластерного анализа. Меры сходства. Иерархический кластерный анализ. Метод k-средних. Критерии качества классификации. Перспективы развития статистических методов обработки экспериментальных данных.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины студент должен		Разделы		
		1	2	3
Знать:				
– основные приёмы и методы обработки статистической информации: расчёт выборочных характеристик случайных величин, использование статистических гипотез для переноса результатов выборочного обследования на генеральную совокупность;		+	+	+
- методы регрессионного и корреляционного анализа;		+	+	+
- основы дисперсионного анализа;		+	+	+
- методы анализа многомерных данных;		+	+	+
- базовую терминологию, относящуюся к теоретическому описанию основных перспективных направлений развития методов обработки экспериментальных данных		+	+	+
Уметь:				
– анализировать и критически оценивать современные научные достижения в области своих научных исследований;		+	+	+
- использовать полученные знания для решения профессиональных и социальных задач		+	+	+
Владеть:				
– базовой терминологией, относящейся к статистической обработке экспериментальных данных;		+	+	+
- практическими навыками обработки статистической информации с использованием информационных технологий;		+	+	+
- методологией современных научных исследований, критической оценкой полученных результатов, творческим анализом возникающих новых проблем в области химии и химической технологии		+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:				
Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
ПК-2. Способен к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи	ПК-2.1. Знает алгоритм поиска, оценки и анализа научно-технической информации	+	+	+
	ПК-2.2. Умеет обобщать и систематизировать научно-техническую информацию			
ПК-3. Способен применять современные приборы и методы исследования, планировать, организовывать и проводить эксперименты и испытания, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты	ПК-3.3. Владеет приемами обработки, анализа и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических (семинарских) занятий	Часы
1.	1.1 1.2	Практическое занятие 1 Предварительная обработка экспериментальных данных. Описательная статистика. Получение статистических оценок распределения выборки	2
2.	1.2	Практическое занятие 2 Проверка статистических гипотез. Проверка гипотез о равенстве дисперсий, о равенстве математических ожиданий. Проверка гипотез непараметрическими методами: критерий согласия χ^2 –Пирсона, критерий Манна-Уитни, критерий Вилкоксона.	2
3.	1.3	Практическое занятие 3 Вычисление выборочных коэффициентов корреляции. Выборочные коэффициенты корреляции Пирсона, Спирмена и Кендалла.	2
4.	1.4	Контрольная работа № 1	2
5.	1.1–1.4	Практическое занятие 4 Однофакторный и двухфакторный дисперсионный анализ	2
6.	2.1	Практическое занятие 5 Регрессионный и корреляционный анализ. Построение уравнения регрессии и его анализ	2
7.	2.2	Контрольная работа № 2	2
8.	3.1–3.3	Практическое занятие 6 Основные методы обработки многомерных данных: метод главных компонент, факторный анализ, методы классификации	2
9.	2.1–3.3	Контрольная работа № 3	2
ИТОГ	18 часов		

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает следующие виды:

- ознакомление с рекомендованной литературой, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- выполнение домашних заданий и применение информационных технологий при выполнении домашних заданий;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче *зачета с оценкой* (1 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на

лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ: **3** контрольные работы в **1** семестре (максимальная оценка за каждую контрольную работу **20** баллов) и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка **40** баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 4 вопроса по 5 баллов за вопрос.

Вариант № 1

- Для выборки объемом $n=10$, полученной из нормально распределённой генеральной совокупности найти оценки математического ожидания, дисперсии и среднеквадратического отклонения, построить доверительный интервал для математического ожидания и среднего квадратического отклонения, приняв доверительную вероятность $\gamma = 0,95$:

20,4 21,9 18,7 16,4 19,7 18,9 22,5 16,1 22,0 14,3

- Используя χ^2 -критерий, при уровне значимости $\alpha = 0,05$ установить, случайно или значимо расхождение между эмпирическими m_i и теоретическими $m_i^{\text{теор}}$ частотами, которые вычислены, исходя из гипотезы о нормальном распределении генеральной совокупности.

m_i	6	12	23	31	28
$m_i^{\text{теор}}$	7	10	21	35	27

- Проведено измерение мощности горизонта А (у, см) вдоль некоторой линии через 1 м (х):

х, м	0	1	2	3	4	5
у, см	5	7	6	10	9	12

Найти выборочный коэффициент корреляции Спирмена и оценить его значимость при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

- Для проверки стабильности электролиза растворов хлоридов щелочных металлов определяли содержание NaOH (мг NaOH/л щелочи) до (х) и после (у) фильтра:

х	100,1	115,1	130,0	93,6	108,3	137,2	104,4	97,3
у	96,6	115,6	125,5	94,0	103,3	134,4	100,2	97,3

При уровне значимости $\alpha = 0,05$ выяснить, есть ли различие между обеими сериями анализов.

Вариант № 2

1. Для выборки объёмом $n=10$, полученной из нормально распределённой генеральной совокупности, найти оценки математического ожидания, дисперсии и среднеквадратического отклонения, построить доверительный интервал для математического ожидания и среднего квадратического отклонения, приняв доверительную вероятность $\gamma = 0,95$:

1,8 6,1 10,2 5,4 6,5 2,9 9,4 1,5 4,7 3,6

2. Используя критерий χ^2 - Пирсона, при уровне значимости $\alpha = 0,05$ проверить равномерность распределения, если наблюдаемые частоты для некоторого признака принимают значения:

9, 8, 10, 15, 8.

3. Из двух партий изделий, изготовленных на одинаково настроенных станках, извлечены малые выборки. Результаты для контролируемых размеров I и II станков:

I станок	2.5	2.7	2.9	3.1
n_i	2	3	4	1

II станок	2.4	2.6	2.8
m_i	2	3	7

Требуется проверить гипотезу о равенстве средних размеров изделий. Предполагается, что результаты измерений распределены нормально и выборки независимы ($\alpha = 0,05$).

4. В таблице приводятся данные о выходе продукта (в %) без катализатора и в присутствии катализатора.

Без катализатора	80	87	92	54	93	76	63	59
С катализатором	94	96	92	52	88	70	62	90

Можно ли считать, что присутствие катализатора увеличивает выход продукта? Принять уровень значимости $\alpha=0,05$.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 4 вопроса по 5 баллов за вопрос.

Вариант № 1

1. Исследовалась очистка сточных вод способом осаждения твёрдых частиц в течение определённого срока отстоя:

Срок, дни	Величина осадка, г/м ³ воды			
15	8,0	8,4	9,0	8,6
20	8,2	9,0	10,0	10,0
25	11,0	13,0	12,0	

Необходимо выяснить, существенно ли влияние длительности отстоя на величину осадка твёрдых частиц. Принять уровень значимости $\alpha = 0,05$.

2. Исследовалось влияние на выход продукта двух видов катализаторов А, Б и трёх различных технологий получения. В таблице приведены величины выхода продукта в тоннах. Влияют

ли факторы (вид катализатора и технология) на выход продукта? Принять уровень значимости $\alpha = 0,05$.

Вид катализатора	Технология		
	1	2	3
А	1,3	1,5	1,7
Б	2,7	2,0	2,2

3. Получены экспериментальные данные растворимости хлорида бария в воде (y) в присутствии хлорида кальция (x) при 70°C (объём выборки $n = 5$):

$x, \%$	0	5	8	10	15
$y, \%$	32	25	20	17	11

Найти уравнение линейной регрессии $\bar{y}_x = b_0 + b_1x$ зависимости растворимости хлорида бария от содержания хлорида кальция.

4. По экспериментальным данным, представленным в таблице, найти коэффициенты уравнения нелинейной регрессии вида $\bar{y}_x = b_0 + b_1x + b_2x^2$, оценить значимость уравнения регрессии и значимость коэффициентов уравнения регрессии. Принять уровень значимости $\alpha = 0,05$.

x	0	1	2	3	4	5	6
y	2	7	9	13	16	18	20

Вариант № 2

1. Оценить значимость различия в производительности реакторов. Средняя производительность трёх реакторов представлена в таблице:

Реактор	Средняя производительность, т/сутки		
1	160	161	165
2	150	164	164
3	146	155	160

Принять уровень значимости $\alpha = 0,05$.

2. Выход вещества (в %) при температуре 10°C и 20°C (фактор А) и продолжительности процесса кристаллизации 7 ч и 17 ч (фактор Б) представлен в таблице. Оценить значимость различия в выходе продукта при разной температуре и продолжительности процесса кристаллизации, а также значимость взаимного влияния температуры и продолжительности процесса на выход продукта. Принять уровень значимости $\alpha = 0,05$.

Т	Время	Выход, %			
10°C	7 ч	40	30	30	50
	17 ч	90	80	65	70
20°C	7 ч	70	50	60	70
	17 ч	50	30	30	40

3. Исследовалась зависимость содержания железа ($y, \%$) в кристаллах медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ от содержания FeSO_4 ($x, \text{г/л}$) в маточном растворе:

x	60	70	85	100	105
y	0,96	0,93	1.47	1,86	2,48

Найти уравнение линейной регрессии $\bar{y}_x = b_0 + b_1x$ зависимости содержания железа в кристаллах от содержания FeSO_4 (x, г/л) в растворе.

4. По экспериментальным данным, представленным в таблице, найти коэффициенты уравнения нелинейной регрессии вида $\bar{y}_x = b_0 + b_1x + b_2x^2$, оценить значимость уравнения и значимость коэффициентов. Принять уровень значимости $\alpha = 0,05$.

x	0	1	2	3	4	5	6
y	5	10	14	15	17	21	25

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Контрольная работа содержит 4 вопроса по 5 баллов за вопрос.

Вариант 1

1. Построить уравнение множественной линейной регрессии $\bar{y}_x = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2$ по данным таблицы. Оценить значимость уравнения и его коэффициентов при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

x1	3,5	7,4	2,5	3,7	5,5	8,3	6,7	1,2
x2	5,3	1,6	6,3	9,4	1,4	9,2	2,5	2,2
y	64,7	80,9	24,6	43,9	77,7	20,6	66,9	34,3

2. По выборке найдены значения главных компонент для i-го наблюдения $f_{i1} = 0,661$, $f_{i2} = -2,151$ и матрица факторных нагрузок

$$A = \begin{pmatrix} -0,756 & 0,654 \\ 0,756 & 0,654 \end{pmatrix}$$

Найти значения исходных показателей x_{i1} и x_{i2} , если выборочные оценки средних равны $\bar{x}_1=5$, $\bar{x}_2=10$, а выборочные оценки средних квадратических отклонений равны $s_1 = 0,072$, $s_2 = 0,333$.

3. В 5 пробах с 5 участков месторождения измерено содержание золота (x, %) и меди (y, %):

x	0,15	0,3	0,1	0,2	0,04
y	1,0	0,9	0,2	0,5	0,6

С целью нахождения перспективных районов провести кластерный анализ и построить дендрограмму. Данные предварительно не стандартизовать. Расстояния между кластерами вычислять методом «ближайшего соседа».

4. Имеются два набора проб (X1–перспективные и X2– неперспективные), в которых определены концентрации двух гомологов метана:

$$X1 = \begin{pmatrix} 5,0 & 3,3 \\ 4,6 & 3,4 \end{pmatrix} \quad X2 = \begin{pmatrix} 5,7 & 2,8 \\ 6,1 & 3,0 \\ 6,0 & 2,7 \end{pmatrix}$$

Вычислить линейную дискриминантную функцию и классифицировать наблюдение (5,7; 2,5).

Вариант 2

1. Построить уравнение множественной линейной регрессии $\bar{y}_x = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2$ по данным таблицы. Оценить значимость уравнения и его коэффициентов при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

x1	7	1	11	11	7	11	3	1
x2	26	29	56	31	52	55	71	31
y	78,5	74,3	104,3	87,6	95,9	109,2	102,7	72,5

2. По выборке найдены значения главных компонент для i -го наблюдения $f_{i1} = -0,484$, $f_{i2} = 1,053$ и матрица факторных нагрузок

$$A = \begin{pmatrix} -0,791 & 0,611 \\ 0,791 & 0,611 \end{pmatrix}$$

Найти значения исходных показателей x_{i1} и x_{i2} , если выборочные оценки средних равны $\bar{x}_1 = 0,85$, $\bar{x}_2 = 2,307$, а выборочные оценки средних квадратических отклонений равны $s_1 = 0,072$, $s_2 = 0,093$.

3. В 5 пробах с 5 участков месторождения измерено содержание серебра (x , %) и меди (y , %):

x	0,25	0,48	0,8	0,55	0,1
y	0,3	0,65	1,4	1,52	0,5

С целью нахождения перспективных районов провести кластерный анализ и построить дендрограмму. Данные предварительно не стандартизовать. Расстояния между кластерами вычислять методом «ближайшего соседа».

4. Имеются два набора проб ($X1$ –перспективные и $X2$ – неперспективные), в которых определены концентрации двух гомологов метана:

$$X1 = \begin{pmatrix} 5,0 & 1,4 \\ 5,1 & 1,7 \end{pmatrix} \quad X2 = \begin{pmatrix} 6,5 & 4,6 \\ 5,6 & 3,9 \\ 5,7 & 4,5 \end{pmatrix}$$

Вычислить линейную дискриминантную функцию и классифицировать наблюдение (5,7; 4,9).

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (1 семестр – зачет с оценкой)

Билет для зачета с оценкой включает контрольные вопросы по разделам 1-3 рабочей программы дисциплины и содержит 4 вопроса. 1 вопрос – 10 баллов, вопрос 2 – 10 баллов, вопрос 3 – 10 баллов; вопрос 4 – 10 баллов.

1. Предварительная обработка результатов эксперимента: построение эмпирической функции распределения, гистограммы.
2. Моделирование основных статистических распределений. Инструменты MS Excel для моделирования распределений и получения выборок.
3. Получение статистических оценок распределения выборки. Свойства оценок. Точечные оценки. Интервальные оценки параметров распределения.
4. Проверка статистических гипотез. Основные понятия. Схема проверки гипотез. Проверка гипотез о равенстве дисперсий нормально распределённых генеральных совокупностей.
5. Проверка гипотез о математических ожиданиях двух нормально распределённых генеральных совокупностей.

6. Непараметрические методы проверки статистических гипотез. Критерий согласия χ^2 –Пирсона для проверки соответствия распределения генеральной совокупности нормальному и равномерному закону.
7. U-критерий Манна-Уитни: назначение, способ вычисления.
8. T-критерий Вилкоксона: назначение, способ вычисления.
9. Сущность и цели корреляционного анализа. Понятие корреляционной связи. Вычисление ковариационной и корреляционной матриц.
10. Вычисление выборочного коэффициента корреляции Пирсона. Проверка значимости коэффициента корреляции.
11. Вычисление выборочного коэффициента корреляции Спирмена. Проверка значимости коэффициента корреляции.
12. Вычисление выборочного коэффициента корреляции Кендалла. Проверка значимости коэффициента корреляции.
13. Регрессионный анализ: линейная регрессия, множественная линейная регрессия. Получение коэффициентов уравнения линейной регрессии.
14. Однофакторный дисперсионный анализ (постановка задачи, модель, основные расчётные формулы).
15. Понятие о многофакторном дисперсионном анализе. Двухфакторный дисперсионный анализ без повторений и с повторениями.
16. Многомерные статистические методы. Метод главных компонент: назначение, основные задачи, вычисление главных компонент.
17. Алгоритм вычисления главных компонент для многомерных нормальных распределений переменных.
18. Понятие факторного анализа. Алгоритм проведения факторного анализа.
19. Понятие классификации. Линейный дискриминантный анализ при нормальном законе распределения показателей. Построение линейной дискриминантной функции.
20. Классификация без обучающих выборок. Кластерный анализ. Иерархический алгоритм кластерного анализа. Построение дендрограммы.

Максимальное количество баллов за **зачет с оценкой** (1 семестр) – 40 баллов.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.3. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой

Зачет с оценкой по дисциплине «Дополнительные главы математики» проводится в 1 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 1-3 рабочей программы дисциплины. Билет для зачета с оценкой состоит из 4 вопросов, относящихся к указанным разделам.

«Утверждаю» Зав. Кафедрой высшей математики _____ Рудаковская Е.Г. «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева
	Кафедра высшей математики
	18.04.01 Химическая технология
	Дополнительные главы математики
БИЛЕТ № 1	

1. Однофакторный дисперсионный анализ (постановка задачи, модель, основные расчётные формулы).
2. Непараметрические методы проверки статистических гипотез. Критерий согласия χ^2 –Пирсона для проверки соответствия распределения генеральной совокупности нормальному распределению.
3. Проведено 5-кратное измерение мощности горизонта А (у, см) вдоль линии через каждые 0,5 м (х):

х, м	0	0,5	1,0	1,5	2,0
у, см	5	7	6	10	9

Вычислить выборочный коэффициент корреляции Спирмена. Оценить значимость коэффициента корреляции при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

4. В 5 пробах с 5 участков месторождения измерено содержание золота (х, %) и меди (у, %):

х	0,1	0,4	0,1	0,2	0,04
у	1,0	0,8	0,2	0,5	0,6

Для нахождения перспективных районов провести кластерный анализ и построить дендрограмму. Данные не стандартизовать. Расстояния между кластерами вычислять методом «дальнего соседа».

«Утверждаю»

Зав. Кафедрой высшей математики

_____ Рудаковская Е.Г.
«__» _____ 20__ г.

Министерство науки и высшего образования РФ

**Российский химико-технологический университет
имени Д. И. Менделеева**

Кафедра высшей математики

18.04.01 Химическая технология

Дополнительные главы математики

БИЛЕТ № 2

1. Линейная регрессия, получение коэффициентов уравнения линейной регрессии.
2. Понятие о многофакторном дисперсионном анализе. Двухфакторный дисперсионный анализ без повторений и с повторениями.
3. Определялось содержание NaOH (мг NaOH/л щелочи) до (х) и после (у) фильтра:

х	100	115	130	93	108	137	104	97
у	96	110	120	94	103	134	100	97

При уровне значимости $\alpha = 0,1$ выяснить, значимо ли различие в содержании NaOH в обеих сериях анализов.

4. Имеются два набора проб (X1–перспективные и X2– неперспективные), в которых определены концентрации двух гомологов метана:

$$X2 = \begin{pmatrix} 4,6 & 1,5 \\ 4,5 & 1,3 \\ 5,1 & 1,6 \end{pmatrix} \quad X1 = \begin{pmatrix} 1,4 & 0,3 \\ 1,7 & 0,5 \end{pmatrix}$$

Вычислить линейную дискриминантную функцию и классифицировать наблюдение (4,5; 0,2), если найдена несмещённая оценка суммарной ковариационной матрицы: ((0,084; 0,038), (0,038; 0,022)).

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Фролов А.Н. Краткий курс ТВ и МС, уч. пособие, Лань, 2017 г., 304 с.
2. Теория вероятностей и математическая статистика. [Электронный ресурс]: учебник для прикладного бакалавриата: Электронная копия / В. Е. Гмурман. - 12-е изд. - М.: Юрайт, 2014. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Б) Дополнительная литература:

1. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. [Электронный ресурс]: учебное пособие для прикладного бакалавриата: Электронная копия / В. Е. Гмурман. - 11-е изд. – М.: Юрайт, 2014. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
2. Теория вероятностей и математическая статистика. Рудаковская Е.Г., Рушайло М.Ф., Старшова Т.Н., Аверина О.В., Гордеева Е.Л., Изотова С.А. /Учебное пособие под ред. Рушайло М.Ф., Рудаковской Е.Г., –М.: РХТУ им.Д.И.Менделеева, 2012. –84 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации.

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации.
- Комплекс обучающих программ.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://kvm.muctr.ru/> – сайт кафедры высшей математики.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – <https://moodle.muctr.ru/>, (общее число слайдов – 160);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (50 вариантов на каждую контрольную точку, всего 3 контрольные работы, общее число вариантов – 150);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (50 билетов для итогового контроля, всего 1 итоговая аттестация, общее число билетов – 50).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет **1 563 142** экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные,

справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «**Дополнительные главы математики**» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающихся.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий, оборудованные традиционными учебными досками и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Учебно-методические пособия, разработанные на кафедре высшей математики, выложены на сайте кафедры <http://kvm.muctr.ru> и на сайте библиотеки РХТУ имени Д.И.Менделеева <https://lib.muctr.ru>.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, принтеры, сканер и копировальный аппарат используются для подготовки раздаточных материалов.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; раздаточный материал к практическим занятиям по дисциплине, комплекты контрольных и экзаменационных билетов.

Учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочно

2.	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочная
3.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	бессрочно
4.	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook	Контракт № 175- 262ЭА/2019 от 30.12.2019	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
5.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	24 месяца (продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Формы и методы контроля и оценки результатов освоения разделов

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Основы математической статистики	Знает: основные приёмы и методы обработки статистической информации: расчёт выборочных характеристик случайных величин, использование статистических гипотез для переноса результатов выборочного обследования на генеральную совокупность; методы регрессионного и корреляционного анализа; основы дисперсионного анализа; методы анализа многомерных данных; базовую терминологию, относящуюся к теоретическому описанию основных перспективных направлений развития методов обработки экспериментальных данных. Умеет: анализировать и критически оценивать современные научные достижения в области своих научных исследований; использовать полученные знания для решения профессиональных и социальных задач. Владеет: базовой терминологией, относящейся к статистической обработке экспериментальных данных; практическими навыками обработки статистической информации с использованием информационных технологий; методологией современных научных исследований, критической	Оценка за контрольную работу № 1 Оценка на зачете с оценкой

	оценкой полученных результатов, творческим анализом возникающих новых проблем в области химии и химической технологии.	
Раздел 2. Статистические методы анализа данных	Знает: основные приёмы и методы обработки статистической информации: расчёт выборочных характеристик случайных величин, использование статистических гипотез для переноса результатов выборочного обследования на генеральную совокупность; методы регрессионного и корреляционного анализа; основы дисперсионного анализа; методы анализа многомерных данных; базовую терминологию, относящуюся к теоретическому описанию основных перспективных направлений развития методов обработки экспериментальных данных. Умеет: анализировать и критически оценивать современные научные достижения в области своих научных исследований; использовать полученные знания для решения профессиональных и социальных задач. Владет: базовой терминологией, относящейся к статистической обработке экспериментальных данных; практическими навыками обработки статистической информации с использованием информационных технологий; методологией современных научных исследований, критической оценкой полученных результатов, творческим анализом возникающих новых проблем в области химии и химической технологии.	Оценка за контрольную работу № 2 Оценка на зачете с оценкой
Раздел 3. Статистическая обработка многомерных данных	Знает: основные приёмы и методы обработки статистической информации: расчёт выборочных характеристик случайных величин, использование статистических гипотез для переноса результатов выборочного обследования на генеральную совокупность; методы регрессионного и корреляционного анализа; основы дисперсионного анализа; методы анализа многомерных данных; базовую терминологию, относящуюся к теоретическому описанию основных перспективных направлений развития методов обработки экспериментальных данных. Умеет: анализировать и критически оценивать современные научные достижения в области своих научных исследований; использовать полученные знания для решения профессиональных и социальных задач. Владет:	Оценка за контрольную работу № 3 Оценка на зачете с оценкой

	базовой терминологией, относящейся к статистической обработке экспериментальных данных; практическими навыками обработки статистической информации с использованием информационных технологий; методологией современных научных исследований, критической оценкой полученных результатов, творческим анализом возникающих новых проблем в области химии и химической технологии.	

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Дополнительные главы математики»
 основной образовательной программы

18.04.01 Химическая технология

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания Ученого совета № _____ от «__» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «__» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «__» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «__» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «__» _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ
В ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ»**

**Направление подготовки
18.04.01 Химическая технология**

**Магистерская программа
«Технология функциональных материалов электроники и фотоники»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена:

Д.х.н., профессором кафедры химии и технологии кристаллов О.Б. Петровой

К.х.н., доцентом кафедры химии и технологии кристаллов И.В. Степановой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И. Менделеева

(Наименование кафедры)

«23» мая 2025 г., протокол № 13.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 18.04.01. Химическая технология, магистерская программа «Технология функциональных материалов электроники и фотоники» накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *химии и технологии кристаллов* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина *«Инструментальные методы исследования в химической технологии»* относится к обязательной части дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области неорганического материаловедения, в частности в области технологии полупроводниковых и диэлектрических кристаллов и других материалов электронной техники. Также дисциплина неразрывно связана со знаниями, полученными обучающимися в курсе «Методы исследования материалов электроники и фотоники» в рамках обучения в бакалавриате по профилю «Химическая технология материалов электроники».

Цель дисциплины – обучение студентов магистратуры знаниям, умениям и навыкам применения различных методов исследования материалов электроники и фотоники, а также знакомство с современным оборудованием для характеристики и контроля качества монокристаллических и наноструктурированных материалов и пленочных структур технического и ювелирного назначения.

Задачи дисциплины:

- ознакомить студентов магистратуры с современными инструментальными методами исследования;
- сформировать у обучающихся фундаментальную базу в области исследования свойств, характеристики и контроля качества кристаллических материалов;
- выработать у студентов системный подход к постановке, выполнению и анализу результатов научных исследований;
- научить студентов разрабатывать стратегию исследования материалов электроники и фотоники, исходя из знания о разрушающих и неразрушающих методах исследования;
- научить студентов самостоятельно выбирать методы исследования, в том числе нестандартные.

Дисциплина *«Инструментальные методы исследования в химической технологии»* преподается в 1 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
Научные исследования и разработки	ОПК-1. Способен организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок.	ОПК-1.4. Умеет использовать методы научного исследования при решении научных задач; ОПК-1.5 Умеет формулировать и представлять результаты научного исследования; ОПК-1.6 Владеет методами научного исследования;
Профессиональная методология	ОПК-2 Способен использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты для решения производственных и научных задач.	ОПК-2.1 Знает теорию физико-химических методов анализа ОПК-2.2 Знает принципы работы основных приборов в инструментальных методах химического анализа ОПК-2.3 Знает методы целенаправленного сбора и анализа научной литературы ОПК-2.4 Умеет применять приобретенные практические навыки в профессиональной деятельности для решения конкретных задач ОПК-2.5 Умеет анализировать научную литературу с целью выбора направления исследования по заданной теме ОПК-2.6 Владеет идеологией и системой выбора инструментальных методов химического анализа, а также оценкой возможностей каждого метода ОПК-2.7 Владеет метрологическими основами инструментальных методов анализа ОПК-2.8 Владеет способами обработки полученных результатов и анализа их с учетом имеющихся литературных данных

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- теоретические основы и классификацию методов анализа, области их применения,
- устройство и функциональные возможности оборудования, используемого для анализа,
- требования, предъявляемые к объектам исследований, особенности подготовки образцов,
- ограничения, накладываемые на использование методов, точность измерения характеристик материала для каждого метода.

Уметь:

- выбирать методику проведения научного исследования,
- обрабатывать экспериментальные данные,
- анализировать результаты научных исследований.

Владеть:

- навыками использования методов анализа для решения практических научно-исследовательских задач

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	2	68	51
в том числе в форме практической подготовки	0,5	17	12,75
Лекции	0,5	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,5	18	13,5
Лабораторные работы (ЛР)	1	34	25,5
в том числе в форме практической подготовки <i>(при наличии)</i>	0,5	17	12,75
Самостоятельная работа	2	76	57
Контактная самостоятельная работа	2	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		75,6	56,7
Вид контроля:			
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Всего	в т.ч. в форме пр. подг.)	Лекции	Прак. зан.	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
1.	Раздел 1. Масс-спектрометрический анализ.	32	5	4	4	9	5	10
2.	Раздел 2. Методы изучения структурных деталей разного масштаба.	43	4	3	4	8	4	20
3.	Раздел 3. Электронно-парамагнитный резонанс.	21	-	3	3	-	-	15
4.	Раздел 4. Колебательная спектроскопия.	38	4	3	3	9	4	15
5	Раздел 5. Люминесцентная оптическая спектроскопия.	35	4	3	4	8	4	16
	ИТОГО	144	17	16	18	34	17	76

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Масс-спектрометрический анализ.

Общая схема метода. Виды ионизации частиц. Сравнение различных типов масс-анализаторов (магнитный, квадрупольный, времяпролетный, с ионно-циклотронным резонансом). Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС). Блок-схема ИСП масс-спектрометра и назначение его основных систем. Пробоподготовка для ИСП-МС. Особенности количественного анализа: калибровка, внутренний стандарт, стандартная добавка, изотопное разбавление. Интерференции в ИСП-МС и способы их устранения. Возможности метода и области применения.

Раздел 2. Методы изучения структурных деталей разного масштаба.

Электронная микроскопия. Устройство и разрешающая способность электронного микроскопа. Просвечивающая электронная микроскопия. Особенности подготовки органических и неорганических образцов: срезы, пленки (фольги), суспензии, реплики, многослойные образцы. Способы повышения контрастности изображения. Примеры изображений. Достоинства и недостатки метода. Сканирующая (растровая) электронная микроскопия. Схема процессов, протекающих в образце при его взаимодействии с электронным пучком. Разрешающая способность микроскопа. Факторы, влияющие на вторичную эмиссию электронов. Требования, предъявляемые к образцам. Примеры изображений. Различия в формировании изображений просвечивающим и растровым микроскопом. Достоинства и недостатки метода. Преимущества растрового микроскопа по сравнению с просвечивающим. Туннельная сканирующая микроскопия. Природа туннельного эффекта. Устройство и основные характеристики туннельного микроскопа. Достоинства и недостатки метода. Примеры изображений. Атомно-силовая микроскопия. Взаимодействие атомов зонда и образца. Потенциал Леннарда-Джонса. Принцип и режимы работы атомно-силового микроскопа. Блок-схема метода. Подготовка образцов. Возможности метода. Достоинства и недостатки метода. Примеры изображений.

Раздел 3. Электронно-парамагнитный резонанс.

Парамагнитные частицы. Классическая теория ЭПР. Магнитный момент частицы, причины его существования, его проекции. Энергия частицы в магнитном поле. Квантовая теория ЭПР. Эффект Зеемана. Виды спектров ЭПР. Основные параметры спектров ЭПР и информация, которую они несут. Интенсивность, форма и ширина резонансной линии. Фактор спектроскопического расщепления. Константы тонкой и сверхтонкой структуры. Примеры спектров ЭПР. Оборудование для ЭПР спектроскопии. Блок-схема радиоспектрометра. Возможности метода. Ядерный магнитный резонанс. Квантовая теория ЯМР. Частицы, применяемые в спектроскопии ЯМР. Основные параметры спектров ЯМР и информация, которую они несут. Химический сдвиг. Мультиплетность. Константа спин-спинового взаимодействия. Площадь сигнала резонанса. Примеры спектров. Подготовка образцов. Виды ЯМР-спектроскопии. Блок-схема ЯМР-спектрометра. Возможности метода.

Раздел 4. Колебательная спектроскопия.

Комбинационное рассеяние света. Принципы и возможности метода, оборудование. Стоксова и антистоксова области. Квантовая и классическая трактовка комбинационного рассеяния. Характеристики линий – положение, ширина, поляризация. Трудности эксперимента, влияние люминесценции веществ. Типы колебаний – симметричное, антисимметричное и полносимметричное, валентное и деформационное. Вырожденные колебания. Полное колебательное представление. Применяемые лазеры и геометрии рассеяния. Фононы, магноны и поляритоны. Внешние и внутренние колебания, группировки в кристаллах. Бозонный пик. Исследование с помощью КРС полиморфизма, фазовых переходов, кристаллизации аморфных тел. Спектроскопия инфракрасного поглощения. Связь спектров ИК поглощения и КРС. Активные в ИК и КР линии. Подготовка образцов для КР и ИК. ИК-Фурье спектроскопия.

Раздел 5. Люминесцентная оптическая спектроскопия.

Спектры люминесценции. Механизмы люминесценции. Характеристики спектров – ширина линий. Однородное и неоднородное уширение спектральных линий. Эффект Штарка. Сечение люминесценции, сечение усиления. Уравнение Фухтбауэра – Ладенбурга. Кинетика люминесценции. Представление кинетических зависимостей. Расчетное время жизни возбужденного состояния. Влияние на кинетику процессов поглощения из возбужденного состояния, ап-конверсии, кросс-релаксации, кооперативного феофилового процесса. Селективная спектроскопия. Спектры возбуждения люминесценции. Спектры отражения. Спектры фотопроводимости. Спектрофлюориметры.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5
	Знать:						
1	–	теоретические основы и классификацию методов анализа, области их применения,	+	+	+	+	+
2	–	устройство и функциональные возможности оборудования, используемого для анализа	+	+	+	+	+
3	–	требования, предъявляемые к объектам исследований, особенности подготовки образцов,	+	+	+	+	+
4	–	ограничения, накладываемые на использование методов, точность измерения характеристик материала для каждого метода	+	+	+	+	+
	Уметь:						
5	–	обрабатывать экспериментальные данные	+	+	+	+	+
6	–	выбирать методику проведения научного исследования	+	+	+	+	+
7	–	анализировать результаты научных исследований	+	+	+	+	+
	Владеть:						
8	–	навыками использования методов анализа для решения практических научно-исследовательских задач	+	+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения</u> :							
	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК					
9	ОПК-1. Способен организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок.	ОПК-1.4. Умеет использовать методы научного исследования при решении научных задач;	+	+	+	+	+
10		ОПК-1.5 Умеет формулировать и представлять результаты научного исследования;	+	+	+	+	+
11		ОПК-1.6 Владеет методами научного исследования;	+	+	+	+	+
12	ОПК-2 Способен использовать современные приборы и методики,	ОПК-2.1 Знает теорию физико-химических методов анализа.	+	+	+	+	+

13	организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты для решения производственных и научных задач.	ОПК-2.2 Знает принципы работы основных приборов в инструментальных методах химического анализа	+	+	+	+	+
14		ОПК-2.3 Знает методы целенаправленного сбора и анализа научной литературы	+	+	+	+	+
15		ОПК-2.4 Умеет применять приобретенные практические навыки в профессиональной деятельности для решения конкретных задач	+	+	+	+	+
16		ОПК-2.5 Умеет анализировать научную литературу с целью выбора направления исследования по заданной теме	+	+	+	+	+
17		ОПК-2.6 Владеет идеологией и системой выбора инструментальных методов химического анализа, а также оценкой возможностей каждого метода	+	+	+	+	+
18		ОПК-2.7 Владеет метрологическими основами инструментальных методов анализа	+	+	+	+	+
19		ОПК-2.8 Владеет способами обработки полученных результатов и анализа их с учетом имеющихся литературных данных.	+	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Практические занятия проводятся в виде защиты и обсуждения рефератов.

Примерные темы практических занятий по дисциплине (защита докладов по темам):

1. Хроматография. Различные виды: газовая, жидкостная, флюидная. Совмещение с масс-спектрометрией.
2. Исследование структуры кристаллов методом синхротронного излучения. Особенности синхротронного структурного анализа. Применение для крупных молекулярных кристаллов
3. ИК-Фурье спектроскопия. Возможности совмещения с оптическим и магнитным возбуждением.
4. Импедансная спектроскопия. Измерения комплексного сопротивления. Кондуктометрическая спектроскопия.
5. Измерение размеров и концентрации частиц в мутных средах. Спектроскопия динамического рассеяния света. Турбидиметрия и нефелометрия
6. Вариации рентгеноструктурного анализа для монокристаллов. Метод Лауэ. Получение и интерпретация кривых качания.
7. Оже-спектроскопия.
8. Наноиндентирование. Принципы метода, возможности и области применения
9. Методы определения теплопроводности и температуропроводности твердых тел. Измерение теплопроводности при низких (гелиевых) температурах
10. Ближнепольная оптическая микроскопия. Сравнение с электронной микроскопией
11. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия
12. Исследование оптической неоднородности кристаллов интерференционным методом и методом коноскопии с использованием лазерного излучения
13. Просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения. Наблюдение атомарных слоев.
14. Масс – анализатор с орбитальной ионной ловушкой (орбитрэп)
15. Атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой
16. Рентгеновская спектроскопия поглощения (XAFS –спектроскопия)
17. Ионно-пучковая диагностика: резерфордское обратное рассеяние (POP) ионов и рентгенофлуоресцентный анализ при ионном возбуждении (Particle-induced X-ray emission (PIXE)).

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «*Инструментальные методы исследования в химической технологии*», а также дает знания об обработке результатов инструментального анализа.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 20 баллов (максимально по 4 – 5 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	1	Обработка результатов масс-спектрометрического анализа примесной чистоты, составление уравнений коррекции для определяемых ионов.	4
2	1	Составление уравнений коррекции для определяемых ионов при масс-спектрометрическом анализе.	
3	2	Анализ СЭМ-изображений. Определение размеров и формы примесных включений в практически важных материалах электронной техники.	4
4	2	Анализ ПЭМ-изображений. Определение размеров и формы примесных включений	
5	3	Определение химической и структурной формулы соединения по анализу спектров ЭПР.	3
6	3	Определение химической и структурной формулы соединения по анализу спектров ЯМР.	
7	4	Обработка спектров ИК-поглощения образцов кристаллов и стекол.	3
8	4	Обработка спектров КРС образцов кристаллов и стекол. Сопоставление со спектрами ИК-поглощения	
9	5	Обработка спектров люминесценции образцов кристаллов и стекол, активированных f- или d-элементами. Расчет сечения люминесценции.	4
10	5	Обработка спектров возбуждения люминесценции образцов кристаллов и стекол, активированных f- или d-элементами.	4
11	5	Обработка кривых затухания люминесценции образцов кристаллов и стекол, активированных f- или d-элементами. Расчет времени жизни возбужденного состояния.	4

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче **зачёта с оценкой** и лабораторного практикума по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольной работы (максимальная оценка 25 баллов), лабораторного практикума (максимальная оценка 20 баллов), защиты реферата (максимальная оценка 15 баллов) и оценки на зачете (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Реферат представляет собой письменный отчет и устный доклад обучающегося с мультимедийной презентацией и ответами на вопросы. Тематика рефератов охватывает современные физико-химические методы анализа, не рассматриваемые в рамках данного курса. Реферат должен включать в себя описание теоретических основ метода анализа, его аппаратное оформление, пробоподготовку, способы обработки и представления результатов анализа, возможности метода и области его применения. Доклад должен быть не менее 15–20 минут.

Максимальная оценка – 15 баллов

Примеры тем рефератов:

1. Хроматография. Различные виды: газовая, жидкостная, флюидная. Совмещение с масс-спектрометрией.
2. Исследование структуры кристаллов методом синхротронного излучения. Особенности синхротронного структурного анализа. Применение для крупных молекулярных кристаллов
3. ИК-Фурье спектроскопия. Возможности совмещения с оптическим и магнитным возбуждением.
4. Импедансная спектроскопия. Измерения комплексного сопротивления. Кондуктометрическая спектроскопия.

5. Измерение размеров и концентрации частиц в мутных средах. Спектроскопия динамического рассеяния света. Турбидиметрия и нефелометрия
6. Вариации рентгеноструктурного анализа для монокристаллов. Метод Лауэ. Получение и интерпретация кривых качания.
7. Оже-спектроскопия.
8. Наноиндентирование. Принципы метода, возможности и области применения
9. Методы определения теплопроводности и температуропроводности твердых тел. Измерение теплопроводности при низких (гелиевых) температурах
10. Ближнепольная оптическая микроскопия. Сравнение с электронной микроскопией
11. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия
12. Исследование оптической неоднородности кристаллов интерференционным методом и методом коноскопии с использованием лазерного излучения
13. Просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения. Наблюдение атомарных слоев.
14. Масс – анализатор с орбитальной ионной ловушкой (орбитэп)
15. Атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой
16. Рентгеновская спектроскопия поглощения (XAFS –спектроскопия)
17. Ионно-пучковая диагностика: резерфордское обратное рассеяние (POP) ионов и рентгенофлуоресцентный анализ при ионном возбуждении (Particle-induced X-ray emission (PIXE)).

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрена 1 контрольная работа. Максимальная оценка за контрольную работу составляет 25 баллов.

Поскольку реальные практические исследования структур и свойств материалов электронной техники предполагают всесторонний комплексный подход, то предлагаемые обучающимся исследовательские задачи объединяют в себе несколько разделов курса, и решение этих задач может быть основано, в том числе, на методах анализа, изученных в рамках дисциплин бакалавриата. Вопросы 1 и 2 контрольной работы посвящены решению реальных практических задач, а вопросы 3 и 4 – общей теории инструментальных методов.

Вопросы контрольной работы:

Вопрос 1 объединяет Разделы 1, 2 и 3. Максимальная оценка – 10 баллов

1. Каким методом можно установить примесную чистоту полупроводникового SiC с точностью не менее 10^{-12} г/г? Каким образом необходимо подготовить пробу образца? Из каких материалов должны быть изготовлены комплектующие для пробоподготовки, если для растворения SiC используют серную, фтористоводородную и азотную кислоты?

2. Сегнетоэлектрический кристалл KDP имеет доменную структуру. Как определить размеры доменов в этом кристалле?
3. При длительной термообработке стекла $2\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-}3\text{GeO}_2$ поочередно выпадают 2 кристаллические наноразмерные фазы: сначала моноклинная Bi_2GeO_5 , а затем кубическая $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$. Как экспериментально определить время, необходимое для получения только $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$?
4. При исследовании рентгенограммы частично закристаллизованного стекла установили приблизительный размер кристаллитов – 30 нм. Каким методом можно уточнить размеры кристаллитов и провести их распределение по размерам?
5. Анализ химического состава кристалла показал, что в нем содержится примесь ионов марганца в количестве 10^{20} частиц, а анализ этого же кристалла методом ЭПР показал концентрацию марганца только 10^{15} частиц. Как объяснить подобное расхождение результатов?
6. В спектре протонного резонанса углеводородного соединения присутствует несколько полос, описываемых четырьмя интегральными кривыми. Интенсивность кривых соотносится между собой как 3:1:1:3. При этом известно, что кривые с одинаковой интенсивностью принадлежат одинаковым группам. Напишите химическую и структурную формулу соединения.
7. Необходимо провести анализ примесной чистоты образца на основе кадмия (Cd) методом МС-ИСП. Определение концентраций каких элементов будет затруднено, если в плазме образуются ионы типа Cd^+ , Cd^1H^+ , Cd^{16}O^+ , $\text{Cd}^{16}\text{O}^1\text{H}^+$. Приведите уравнения коррекции наложений от ионов Cd^+ и Cd^1H^+ на соответствующие элементы. Олово в образце отсутствует.
8. Необходимо провести анализ примесной чистоты образца на основе олова (Sn) методом МС-ИСП. Определение концентраций каких элементов будет затруднено, если в плазме образуются ионы типа Sn^+ , Sn^{++} , Sn^{16}O^+ . Приведите уравнения коррекции наложений от ионов Sn^+ и Sn^{++} на соответствующие элементы. Цинк в образце отсутствует. В ходе проведения дополнительного измерения раствора на основе высокочистого олова (без кобальта) было установлено, что интенсивности на m/z 59 и 118 равны соответственно a и b имп./с.

Вопрос 2 объединяет Разделы 4 и 5. Максимальная оценка – 10 баллов

1. В спектре поглощения прозрачного кристалла присутствует широкая полоса в области 600-650 нм. Каков цвет кристалла? В какой области может наблюдаться люминесценция, если для материала не характерны кооперативные процессы передачи энергии?
2. В спектрах комбинационного рассеяния двух полиморфных модификаций вещества с формулой $\text{A}_2\text{B}(\text{BO}_3)_3$ область выше 750 см^{-1} практически не отличается, а ниже отличается значительно. Что можно сказать о структуре и структурных группировках в этих веществах?
3. Прозрачный образец имеет в спектре поглощения полосу шириной 30 нм с максимумом 450 нм. Из электрофизических исследований известно, что ширина запрещенной зоны составляет 3,05 эВ. Каков цвет образца? Как повлияет на цвет узкая полоса поглощения в области 1580 нм?

4. При выращивании кристаллов из расплавов большую роль играет структура расплава. Замечено, что кристалл метабората, выращенный из расплава, перегретого выше температуры плавления на 30 К, значительно превосходит по качеству кристаллы, выращенные как при перегреве на 20 К, так и на 50 К. Каким методом можно определить причины такого поведения расплава и оптимальную температуру расплава для роста?
5. Из-за недостаточной чистоты исходных реактивов лантанборатное стекло получилось светло-зеленого цвета. Такую окраску могут давать ионы Cr, Pr, Dy в малых концентрациях. Какими методами определить, какой именно ион отвечает за окраску?
6. В одном из оптических электронных приборов используется кристалл, имеющий полиморфные модификации. Каким методом, не повреждая кристалл, определить его модификацию?
7. С помощью каких физико-химических методов различить в готовых ювелирных изделиях благородную шпинель и рубин?

Вопрос 3 объединяет Разделы 1, 2 и 3. Максимальная оценка – 3 балла

1. Основы метода масс-спектрометрии. Виды ионизации частиц.
2. Виды масс-анализаторов и принципы их действия.
3. Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой. Общая блок-схема масс-спектрометра. Система введения пробы. Ионный источник.
4. Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой. Общая блок-схема масс-спектрометра. Устройство масс-спектрометра. Вакуумная система.
5. Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой. Интерференции и способы их устранения.
6. Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой. Пробоподготовка, виды проб.
7. Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой. Качественный и количественный анализ.
8. Устройство просвечивающего микроскопа. Виды образцов для просвечивающей электронной микроскопии.
9. Подготовка образцов для просвечивающей электронной микроскопии. Фольги. Реплики.
10. Растровая электронная микроскопия. Возможности метода.
11. Растровая электронная микроскопия. Подготовка образцов.
12. Растровая электронная микроскопия. Преимущества РЭМ по сравнению с ПЭМ.
13. Туннельная сканирующая микроскопия. Достоинства и недостатки метода.
14. Туннельная сканирующая микроскопия. Теоретические основы метода.
15. Атомно-силовая микроскопия. Принцип метода. Режимы работы атомно-силового микроскопа.
16. Атомно-силовая микроскопия. Достоинства и недостатки метода.
17. Электронно-парамагнитный резонанс. Классическая теория ЭПР. Магнитный момент частицы, причины его существования, его проекции.
18. Электронно-парамагнитный резонанс. Квантовая теория ЭПР.

19. Основные параметры спектров ЭПР. Возможности метода.
20. Ядерный магнитный резонанс. Квантовая теория ЯМР.
21. Ядерный магнитный резонанс. Возможности метода. Подготовка образцов.
22. Основные параметры спектров ЯМР и информация, которую они несут. Химический сдвиг и его причины.
23. Блок-схема ЯМР-спектрометра. Методы реализации ЯМР (виды ЯМР-спектроскопии).

Вопрос 4 объединяет Разделы 4 и 5. Максимальная оценка – 2 балла

1. Вид спектров комбинационного рассеяния. Возможности метода.
2. Стоксова и анистоксова области спектров комбинационного рассеяния и люминесценции. Причины возникновения этих областей.
3. Квантовая и классическая трактовка комбинационного рассеяния. Активность линий в КР и ИК.
4. Характеристики линий спектров – положение, ширина, поляризация.
5. Трудности эксперимента по измерению КР: влияние засветки, люминесценции веществ, отстройки от возбуждающей линии.
6. Типы колебаний молекул – симметричное, антисимметричное и полносимметричное, валентное и деформационное. Вырожденные колебания. Полное колебательное представление.
7. Применяемые в люминесцентной и КР спектроскопии источники (лазеры) и геометрии рассеяния.
8. Колебания в кристаллах. Фононы, магноны и поляритоны. Внешние и внутренние колебания, группировки в кристаллах. Бозонный пик.
9. Исследование с помощью КРС полиморфизма, фазовых переходов, кристаллизации аморфных тел.
10. Спектры люминесценции. Механизмы люминесценции.
11. Характеристики линий спектров люминесценции. Однородное и неоднородное уширение спектральных линий. Эффект Штарка.
12. Сечение люминесценции, сечение усиления. Уравнение Фухтбауэра – Ладенбурга.
13. Кинетика люминесценции. Представление кинетических зависимостей. Расчетное время жизни возбужденного состояния. Влияние на кинетику процессов поглощения из возбужденного состояния, ап-конверсии, кросс-релаксации, кооперативного феофиловского процесса.
14. Селективная спектроскопия. Спектры возбуждения люминесценции. Спектры отражения.
15. Спектры фотопроводимости. Связь спектров поглощения, люминесценции и фотопроводимости.
16. Спектрофлюориметры.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины.

Зачет с оценкой включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет состоит из 2 вопросов, относящихся к разным разделам курса. Вопросы билета предусматривают развернутые ответы обучающегося по

достаточно объемной тематике. Первый – представляет собой исследовательскую задачу и требует применения нескольких методов исследования, описания пробоподготовки и анализа результатов. Второй - описание принципов какого-либо метода анализа. Ответы на вопросы оцениваются из 40 баллов следующим образом: первый вопрос - 30 баллов, второй вопрос – 10 баллов.

Пример билета к зачету с оценкой:

«Утверждаю» Руководитель программы _____20____ _____ И.Х. Аветисов	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии кристаллов
	Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология Магистерская программа «Технология функциональных материалов электроники и фотоники»
	Инструментальные методы исследования в химической технологии
Билет № 1 1. В ходе эксперимента углеродные нанотрубки получали каталитическим осаждением из газовой фазы или лазерным распылением графита. Как определить, какой из методов синтеза позволяет получать более протяженные нанотрубки? 2. Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой. Пробоподготовка, виды проб.	

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Спектральные методы анализа. Практическое руководство : учебное пособие / В.И. Васильева, О.Ф. Стоянова, И.В. Шкутина, С.И. Карпов ; под редакцией В.Ф. Селемёнова, В.Н. Семенова. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 416 с. — ISBN 978-5-8114-1638-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/50168> (дата обращения: 29.05.2024). — Режим доступа: тестовый до 31.12.2024.
2. Исследование физико-химических свойств материалов : практикум : учебно-методическое пособие / Д.А. Бекетов, А.П. Храмов, А.Ю. Чуйкин, Г.В. Скопов. — Екатеринбург : УрФУ, 2014. — 46 с. — ISBN 978-5-7996-1104-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL:

<https://e.lanbook.com/book/98395> (дата обращения: 29.05.2024). — Режим доступа: тестовый до 31.12.2024.

Б. Дополнительная:

1. Атомно-абсорбционный анализ : учебное пособие / А.А. Ганеев, С.Е. Шолупов, А.А. Пупышев, А.А. Большаков. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-1117-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4028> (дата обращения: 29.05.2024). — Режим доступа: тестовый до 31.12.2024.
2. Ландсберг, Г. С. Оптика [Текст] : учебное пособие / Г. С. Ландсберг. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1976. - 926 с. : ил. - Именной и предм. указ.: с. 860-926. —
3. Лебухов, В.И. Физико-химические методы исследования : учебник / В.И. Лебухов, А.И. Окара, Л.П. Павлюченкова. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 480 с. — ISBN 978-5-8114-1320-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4543> (дата обращения: 29.05.2024). — Режим доступа: тестовый до 31.12.2024.
4. Изотопная масс-спектрометрия легких газообразующих элементов / под редакцией В.С. Севастьянова. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. — 240 с. — ISBN 978-5-9221-1344-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/59754> (дата обращения: 29.05.2024). — Режим доступа: тестовый до 31.12.2024.
5. Миркин Л. И. Рентгеноструктурный анализ: Индексирование рентгенограмм: Справочное руководство / Л. И. Миркин. — М.: Наука, 1981. — 495 с.
6. Степанова И.В., Зыкова М.П., Волошин А.Э., Аветисов И.Х. Синхротронные, нейтронные и рентгеновские методы диагностики структуры функциональных материалов: в 2 ч. Часть 1. Рентгеновские методы. — М.: РХТУ, 2022. — 120 с.
7. Степанова И.В., Зыкова М.П., Волошин А.Э., Файков П.П., Аветисов И.Х. Синхротронные, нейтронные и рентгеновские методы диагностики структуры функциональных материалов: в 2 ч. Часть 2. Синхротронные и нейтронные методы. — М.: РХТУ, 2023. — 124 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Научно-технические журналы:

- «Кристаллография» <https://sciencejournals.ru/journal/krist/> ISSN 0023-4761
- «Оптика и спектроскопия» ISSN 0030-4034
- «Оптический журнал» ISSN 1023-5086
- «Квантовая электроника» ISSN 0368-7147.
- «Перспективные материалы» ISSN 1028-978X
- «Физика и химия стекла» <http://isc.nw.ru/Rus/GPCJ/index.htm> ISSN 0132-6651
- «Стекло и керамика» ISSN 0131-9582
- «Неорганические материалы» ISSN 0002-337X
- «Журнал неорганической химии» ISSN 0044-457X
- Journal of Crystal Growth ISSN печатной версии 0022-0248, ISSN онлайн-версии 1873-5002
- Crystal Research and Technology ISSN печатной версии 0232-1300, ISSN онлайн-версии 1521-4079
- Cryst. Eng.Comm ISSN 1466-8033
- European Journal of Inorganic Chemistry ISSN: 1434-1948 (print); 1099-0682 (web)
- Journal of Non-Crystalline Solids. ISSN 0022-3093

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных практических занятий – 18 (общее число слайдов – 900);
- комплекты аналитических данных для практических занятий – 30;
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 22);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 39).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Инструментальные методы исследования в химической технологии»* проводятся в форме лекций, практических и лабораторных занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для обучающихся, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

Оборудование для анализа примесного состава материалов.

Масс-спектрометр с индуктивно связанной плазмой NexION 300D (Perkin Elmer) с системами высокочистого вскрытия проб с помощью микроволнового и термического автоклавирувания.

Вторично-ионный масс-спектрометр с время-пролетным масс-анализатором MiniSIMS (MILLBROOK Ltd.)

Оборудование для проведения спектральных исследований:

Спектрофотометр UNICO 2800 (190-1100 нм);

ИК-Фурье спектрометр Tensor-27 (Bruker GmbH).

Спектрофотометрический комплекс Ocean Optics, в составе 2 спектрофотометров видимого диапазона, рамановского спектрометра (200-2000 см⁻¹) с возбуждающим излучением 785 нм, спектрометра ближнего ИК диапазона NIR Quest (700-1750 нм), с интегрирующими сферами и оптоволоконными соединительными кабелями, светодиодными и лазерными источниками возбуждения в диапазоне 257- 978 нм.

Комплекс оборудования для проведения исследований спектрально-люминесцентных характеристик Fluorolog FL-22 (Horiba Jobin Yvon) с системой анализа кинетики затухания люминесценции

Оборудование для исследования образцов методами сканирующей электронной микроскопии и рентгеноспектрального микроанализа – VEGA-3 LUMO (Tesla Inc.) и INCA Energy 3-D MAX (Oxford Instruments).

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Модели молекул и кристаллов для демонстрации типов колебаний при составлении колебательного представления в методах спектроскопии КР и ИК.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; раздаточный материал к практическим занятиям по дисциплине; альбомы и рекламные проспекты с основными видами и характеристиками приборов и материалов электронной техники, фотоники и квантовой электроники.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде по строению и свойствам материалов электронной техники; электронная картотека по рентгенофазовому анализу; электронная картотека по фазовым диаграммам состояния; кафедральные библиотеки электронных изданий.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	OriginPro 8.1 Department Wide License	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Масс-спектрометрический анализ.	<i>Знает:</i> – теоретические основы и классификацию методов анализа, области их применения, – устройство и функциональные возможности оборудования, используемого для анализа, – требования, предъявляемые к объектам исследований, особенности подготовки образцов, – ограничения, накладываемые на использование методов, точность измерения характеристик материала для каждого метода. <i>Умеет:</i> – выбирать методику проведения научного исследования, – обрабатывать экспериментальные данные, – анализировать результаты научных исследований <i>Владеет:</i> – навыками использования методов анализа для решения практических научно-исследовательских задач	Оценка за контрольную работу (1 семестр) Оценка за лабораторные работы (1 семестр) Оценка за реферат (1 семестр) Оценка за зачет
Раздел 2. Методы изучения структурных деталей разного масштаба.	<i>Знает:</i> – теоретические основы и классификацию методов анализа, области их применения, – устройство и функциональные возможности оборудования, используемого для анализа, – требования, предъявляемые к объектам исследований, особенности подготовки образцов, – ограничения, накладываемые на использование методов, точность измерения характеристик материала для каждого метода.	Оценка за контрольную работу (1 семестр) Оценка за лабораторные работы (1 семестр) Оценка за реферат (1 семестр) Оценка за зачет

	<i>Умеет:</i> – выбирать методику проведения научного исследования, – обрабатывать экспериментальные данные, – анализировать результаты научных исследований <i>Владеет:</i> – навыками использования методов анализа для решения практических научно-исследовательских задач	
Раздел 3. Электронно-парамагнитный резонанс.	<i>Знает:</i> – теоретические основы и классификацию методов анализа, области их применения, – устройство и функциональные возможности оборудования, используемого для анализа, – требования, предъявляемые к объектам исследований, особенности подготовки образцов, – ограничения, накладываемые на использование методов, точность измерения характеристик материала для каждого метода. <i>Умеет:</i> – выбирать методику проведения научного исследования, – обрабатывать экспериментальные данные, – анализировать результаты научных исследований <i>Владеет:</i> – навыками использования методов анализа для решения практических научно-исследовательских задач	Оценка за контрольную работу (1 семестр) Оценка за лабораторные работы (1 семестр) Оценка за реферат (1 семестр) Оценка за зачет

Раздел 4. Колебательная спектроскопия.	<i>Знает:</i> – теоретические основы и классификацию методов анализа, области их применения, – устройство и функциональные возможности оборудования, используемого для анализа, – требования, предъявляемые к объектам исследований, особенности подготовки образцов, – ограничения, накладываемые на использование методов, точность измерения характеристик материала для каждого метода. <i>Умеет:</i> – выбирать методику проведения научного исследования, – обрабатывать экспериментальные данные, – анализировать результаты научных исследований <i>Владеет:</i> – навыками использования методов анализа для решения практических научно-исследовательских задач	Оценка за контрольную работу (1 семестр) Оценка за лабораторные работы (1 семестр) Оценка за реферат (1 семестр) Оценка за зачет
Раздел 5. Люминесцентная оптическая спектроскопия.	<i>Знает:</i> – теоретические основы и классификацию методов анализа, области их применения, – устройство и функциональные возможности оборудования, используемого для анализа, – требования, предъявляемые к объектам исследований, особенности подготовки образцов, – ограничения, накладываемые на использование методов, точность измерения характеристик материала для каждого метода. <i>Умеет:</i> – выбирать методику проведения научного исследования, – обрабатывать	Оценка за контрольную работу (1 семестр) Оценка за лабораторные работы (1 семестр) Оценка за реферат (1 семестр) Оценка за зачет

	экспериментальные данные, – анализировать результаты научных исследований <i>Владеет:</i> - навыками использования методов анализа для решения практических научно-исследовательских задач	

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);
- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;
- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Инструментальные методы исследования в химической технологии»
основной образовательной программы
 18.04.01 Химическая технология
 магистерская программа
 «Технология функциональных материалов электроники и фотоники»
 Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Коллоидная химия композиционных материалов электроники»

Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология

**Магистерская программа – «Технология функциональных материалов
электроники и фотоники»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена к.х.н., доцентом, доцентом кафедры коллоидной химии
О.В. Яровой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Коллоидной химии «27» июня 2025 г., протокол № 14

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология, накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой коллоидной химии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина «Коллоидная химия композиционных материалов электроники» относится к вариативной части обязательных дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общей, неорганической, физической и коллоидной химии.

Цель дисциплины - углубление знаний о поверхностных явлениях, происходящих на границах раздела фаз при формировании композиционных материалов; формирование умений в области направленного регулирования коллоидно-химических свойств наполненных систем и формирование компетенций в области получения композиционных материалов с заданным комплексом эксплуатационных параметров.

Программа включает в себя разделы, посвященные основным типам наполнителей и их коллоидно-химическим характеристикам; адсорбционному модифицированию поверхности частиц, природе сил взаимодействия между частицами наполнителя, стабилизированного поверхностно-активными веществами или высокомолекулярными соединениями, и процессам структурообразования при получении композиционных материалов и покрытий.

Задачи дисциплины - ознакомить со сведениями о поверхностных явлениях, происходящих на границах раздела фаз при формировании композиционных материалов; выработать у студентов навыки расчета оптимального дисперсного состава наполнителей; ознакомить с закономерностями адсорбционного модифицирования поверхности частиц наполнителей с использованием поверхностно-активных веществ и высокомолекулярных соединений; выработать у студентов навыки управления процессами стабилизации и дестабилизации дисперсных систем на примерах решения конкретных технологических задач; ознакомить с современными представлениями об адсорбционной с термической составляющей расширенной теории ДЛФО; выработать у студентов навыки прогнозирования процессов, происходящих в системе, на основе анализа потенциальных кривых взаимодействия частиц со слоями стабилизаторов; углубить знания о формировании пространственных структур в дисперсных системах; ознакомить с принципами методов изучения реологических свойств и особенностями современного оборудования для определения основных реологических характеристик.

Дисциплина «Коллоидная химия композиционных материалов электроники» преподаётся в 3 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих компетенций и индикаторов их достижения:

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство. Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-2. Способен к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи	ПК-2.1. Знает алгоритм поиска, оценки и анализа научно-технической информации.	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6).
			ПК-2.2. Умеет обобщать и систематизировать научно-техническую информацию	
			ПК-2.3. Владеет навыками соотнесения результатов собственной научной работы с отечественным и зарубежным опытом по тематике исследования	

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- современные научные достижения и перспективные направления работ в области направленного регулирования коллоидно-химических свойств наполненных систем и получения композиционных материалов с заданным комплексом эксплуатационных параметров;
- основные подходы и возможности адсорбционного модифицирования поверхности наполнителя с применением поверхностно-активных веществ и высокомолекулярных соединений;
- основные направления развития расширенной теории ДЛФО и области ее применимости для оценки и прогнозирования свойств систем, содержащих дополнительные модификаторы поверхности;
- основные закономерности формирования пространственных структур в дисперсных системах.

Уметь:

- проводить анализ научно-технической литературы в области направленного регулирования коллоидно-химических свойств наполненных систем и получения композиционных материалов с заданным комплексом эксплуатационных параметров;
- выбирать эффективные модификаторы поверхности частиц дисперсных систем с учетом данных об их коллоидно-химических свойствах;
- определять основные характеристики пространственных структур по данным об их реологическом поведении.

Владеть:

- методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами для самостоятельного поиска необходимой информации о теоретических и научно-исследовательских достижениях в данной области знаний;
- методами оценки и прогнозирования поведения систем, содержащих такие дополнительные модификаторы поверхности как поверхностно-активные вещества и высокомолекулярные соединения;
- методами определения основных реологических характеристик ньютоновских и неньютоновских систем.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	2	72	54
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,944	34	25,5
Лекции	0,250	9	6,75
Практические занятия (ПЗ)	0,694	25	18,75
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
Самостоятельная работа	1,056	37,8	28,35
Контактная самостоятельная работа (<i>АттК</i> из УП для зач / зач с оц.)	1,056	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		19,8	14,85
Реферат		18	13,5
Вид контроля:			
Экзамен (если предусмотрен УП)	-	-	-
Контактная работа – промежуточная аттестация	-	-	-
Подготовка к экзамену.		-	-
Вид итогового контроля:	Зачет		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Сам. работа
1.	Раздел 1. Основные характеристики наполнителей композиционных материалов	15	-	2	-	4	-	-	-	9
2.	Раздел 2. Адсорбционное модифицирование поверхности частиц наполнителей	21	-	2	-	8	-	-	-	10
3.	Раздел 3. Оценка влияния модификаторов на взаимодействие частиц (расширенная теория ДЛФО)	17	-	2	-	6	-	-	-	10
4.	Раздел 4. Реология дисперсных систем	19	-	2	-	8	-	-	-	9
	ИТОГО	72	-	8	-	26	-	--	-	38
	Экзамен	-								
	ИТОГО	72								

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Основные характеристики наполнителей композиционных материалов.

Композиционные материалы как дисперсные системы. Разновидности композиционных материалов и их классификация. Традиционные и современные экспериментальные методы оценки дисперсности, удельной поверхности и пористости используемых в промышленности наполнителей. Возможные типы упаковок частиц в композициях. Методы расчета оптимального дисперсного состава наполнителей для обеспечения максимально плотной упаковки.

Раздел 2. Адсорбционное модифицирование поверхности частиц наполнителей.

Адсорбционное модифицирование поверхности частиц наполнителей. Адсорбция из растворов на поверхности твердых тел, классификация типов изотерм адсорбции. Связь вида изотерм с механизмом адсорбции и строением адсорбционных слоев. Адсорбция неионогенных поверхностно-активных веществ из полярных и неполярных сред на поверхности адсорбентов различной полярности. Адсорбция ионогенных поверхностно-активных веществ из полярных и неполярных сред на поверхности адсорбентов различной полярности. Адсорбция полимеров из растворов на поверхности твердых тел. Примеры решения некоторых конкретных технологических задач. Изменение лиофильности поверхности, величины и знака поверхностного потенциала частиц наполнителя методом адсорбционного модифицирования. Управление процессами стабилизации и дестабилизации дисперсных систем.

Раздел 3. Оценка влияния модификаторов на взаимодействие частиц (расширенная теория ДЛФО). Теория ДЛФО как метод оценки и прогнозирования свойств поверхности при наличии дополнительных модификаторов. Адсорбционная составляющая расклинивающего давления. Влияние адсорбционных слоев из молекул ПАВ или полимеров на энергию молекулярного взаимодействия частиц. Эффекты экранирования и защиты расстоянием. Стерическая составляющая расклинивающего давления. Уравнения для расчета энергии стерического взаимодействия частиц. Варианты энергетических кривых взаимодействия частиц со слоями стабилизаторов и их анализ.

Раздел 4. Реология дисперсных систем. Формирование пространственных структур в дисперсных системах. Коагуляционные, атомные и фазовые контакты, условия их возникновения, прочность и обратимость разрушения. Реологическое поведение различных дисперсных систем. Зависимость вязкости ньютоновских дисперсных систем от концентрации дисперсной фазы. Влияние концентрации дисперсной фазы на процессы структурообразования и реологическое поведение неньютоновских систем. Методы изучения реологических свойств дисперсных систем.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать: (перечень из п.2)				
1	- современные научные достижения и перспективные направления работ в области направленного регулирования коллоидно-химических свойств наполненных систем и получения композиционных материалов с заданным комплексом эксплуатационных параметров	+	+	+	+
2	– основные подходы и возможности адсорбционного модифицирования поверхности наполнителя с применением поверхностно-активных веществ и высокомолекулярных соединений		+		+
3	– основные направления развития расширенной теории ДЛФО и области ее применимости для оценки и прогнозирования свойств систем, содержащих дополнительные модификаторы поверхности			+	
4	– основные закономерности формирования пространственных структур в дисперсных системах			+	+
	Уметь: (перечень из п.2)				
5	– проводить анализ научно-технической литературы в области направленного регулирования коллоидно-химических свойств наполненных систем и получения композиционных материалов с заданным комплексом эксплуатационных параметров	+	+	+	+
6	– выбирать эффективные модификаторы поверхности частиц дисперсных систем с учетом данных об их коллоидно-химических свойствах		+	+	
7	– определять основные характеристики пространственных структур по данным об их реологическом поведении				+
	Владеть: (перечень из п.2)				
8	– методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами для самостоятельного поиска необходимой информации о теоретических и научно-исследовательских достижениях в данной области знаний	+	+	+	+

9	– методами оценки и прогнозирования поведения систем, содержащих такие дополнительные модификаторы поверхности как поверхностно-активные вещества и высокомолекулярные соединения		+	+		
10	– методами определения основных реологических характеристик ньютоновских и неньютоновских систем				+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие (какие) компетенции и индикаторы их достижения: (перечень из п.2)						
	Код и наименование ПК (перечень из п.2)	Код и наименование индикатора достижения ПК (перечень из п.2)	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
11	ПК-2. Способен к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи	ПК-2.1. Знает алгоритм поиска, оценки и анализа научно-технической информации.	+	+	+	+
		ПК-2.2. Умеет обобщать и систематизировать научно-техническую информацию	+	+	+	+
		ПК-2.3. Владеет навыками соотнесения результатов собственной научной работы с отечественным и зарубежным опытом по тематике исследования	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 1	Экспериментальные методы оценки дисперсности, удельной поверхности и пористости используемых в промышленности наполнителей.	2
2	Раздел 1	Методы расчета оптимального дисперсного состава наполнителей для обеспечения максимально плотной упаковки.	2
3	Раздел 2	Адсорбция поверхностно-активных веществ и высокомолекулярных соединений из полярных и неполярных сред на поверхности различных адсорбентов различной полярности.	4
4	Раздел 2	Изменение лиофильности поверхности, величины и знака поверхностного потенциала частиц наполнителя методом адсорбционного модифицирования.	4
5	Раздел 3	Управление процессами стабилизации и дестабилизации дисперсных систем на примерах решения некоторых конкретных технологических задач	1
6	Раздел 3	Расчет адсорбционной составляющей расклинивающего давления	2
7	Раздел 3	Расчет стерической составляющей расклинивающего давления	2
8	Разделы 3, 4	Анализ энергетических кривых взаимодействия частиц со слоями стабилизаторов и прогнозирование реологических свойств на их основе	4
9	Раздел 4	Реологическое поведение дисперсных систем в зависимости от концентрации дисперсной фазы.	2
10	Раздел 4	Получение и обработка реологических кривых дисперсных систем.	2

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала и подготовку к выполнению контрольных работ по разделам дисциплины;
- подготовку реферата на заданную тему;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы и работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;

- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня;
- участие в семинарах РХТУ им. Д.И. Менделеева по тематике дисциплины.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и оценки за реферативно-аналитическую работу (максимальная оценка 40 баллов). Реферат защищается в виде доклада с презентацией, после которой докладчик отвечает на вопросы аудитории. Максимальная оценка за составление и содержание реферата составляет 20 баллов, за доклад и ответы на вопросы – 20 баллов.

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

В процессе самостоятельной работы студенты готовят реферат, посвященный одной из современных тенденций развития композиционных материалов и роли коллоидно-химических закономерностей при разработке их технологий.

Тему реферата студент может выбрать самостоятельно, основываясь на собственных научных интересах.

Примеры тем рефератов:

- Получение металлокерамических материалов
 - Получение композиционных материалов на основе стекловолокна
 - Получение композиционных материалов на основе базальтового волокна
 - Получение пористой керамики на примере носителей катализаторов
 - Коллоидно-химические основы технологии высококонцентрированных суспензий
- Максимальная оценка за реферат составляет 40 баллов.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольные работы. Изучение материала каждого из двух разделов заканчивается контролем его освоения в форме контрольной работы. Максимальная оценка за контрольные работы 1 и 2 составляет по 30 баллов за каждую. Каждая контрольная работа содержит по 2 вопроса, ответ на каждый вопрос оценивается в 15 баллов.

Разделы 1-2. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 15 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1.

1. Характеристики наполнителей: форма частиц, дисперсность, удельная поверхность. Основные модельные формы частиц, их количественные характеристики.
2. Классификация наполнителей по размерам частиц, методы получения.

3. Экспериментальные методы определения размеров частиц и удельной поверхности.
4. Понятие о максимальной плотности упаковки частиц наполнителя. Возможные способы упаковки монодисперсных сферических частиц. Понятия о свободном объеме наполнителя, коэффициенте упаковки и среднем расстоянии между частицами в системе.
5. Влияние размеров частиц на плотность их упаковки. Способы увеличения плотности упаковки частиц наполнителя в дисперсных системах.

Вопрос 1.2.

1. Специфика адсорбции из растворов. Классификация типов изотерм адсорбции из растворов. Взаимосвязь вида изотерм с механизмом адсорбции и строением адсорбционных слоев.
2. ПАВ, классификации, примеры. Строение мицелл ПАВ в полярных и неполярных средах. ККМ ионогенных и неионогенных ПАВ. Расчет чисел ГЛБ, групповые числа, практическая значимость.
3. Неионогенные ПАВ, специфика химического строения, примеры. ККМ НПАВ. Механизм адсорбции НПАВ из воды на неполярных адсорбентах. Изотермы адсорбции и изотермы смачивания. Уравнение Хилла де Бура, физический смысл констант.
4. Механизмы адсорбции ИПАВ из воды на полярных адсорбентах в случаях разноименных и одноименных зарядов ионов ПАВ и поверхности адсорбента. Изотермы адсорбции и изотермы смачивания.
5. Полимеры, специфика строения макромолекул, классификация. Специфика адсорбции макромолекул, строение адсорбционных слоев. Экспериментальное определение преимущественной ориентации макромолекул в адсорбционных слоях (уравнение Перкеля-Алмана).
6. Основные закономерности адсорбции полимеров. Водорастворимые полимеры. Полиэлектролиты, специфика адсорбции. Области применения.

Разделы 3-4. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 15 баллов за вопрос.

Вопрос 2.1.

1. Структурная составляющая расклинивающего давления (U_c). Причины возникновения гидрофильного отталкивания и гидрофобного притяжения.
2. Строение слоев воды на гидрофильных и гидрофобных поверхностях. Уравнение для расчета U_c , его анализ, физический смысл величин, входящих в уравнение. Возможности регулирования величины U_c .
3. Адсорбционная составляющая расклинивающего давления ($U_{адс}$). Механизм эффекта экранирования.
4. Анализ уравнения для расчета адсорбционной составляющей, физический смысл величин, входящих в уравнение. Соотношение диэлектрических проницаемостей дисперсной фазы и адсорбционных слоев, приводящее к ослаблению или усилению молекулярного притяжения.
5. Адсорбционная составляющая расклинивающего давления ($U_{адс}$). Эффект защиты расстоянием. Какое строение должны иметь адсорбционные слои для обеспечения высокой агрегативной устойчивости системы?
6. Стерическая составляющая расклинивающего давления ($U_{ст}$). Механизм стабилизирующего действия адсорбционных слоев ПАВ и ВМС.

Вопрос 2.2.

1. Типы межчастичных контактов. Порядок величин прочностей единичных контактов различных типов (F1).
2. Причины резкого повышения прочности структуры суспензий. Почему при приготовлении высококонцентрированных суспензий наполнитель вводят в дисперсионную среду в несколько порций?
3. Влияние дисперсности и полидисперсности частиц наполнителя, их формы, энергетической неоднородности поверхности, вязкости дисперсионной среды, температуры на процессы структурообразования в дисперсных системах и их реологическое поведение.
4. При изменении каких параметров в ионостабилизированных системах можно перейти от дилатантного типа течения к тиксотропному?
5. Каким образом за счет адсорбционного модифицирования поверхности частиц можно обеспечить их максимальное структурирующее действие?
6. Каким образом можно обеспечить седиментационную устойчивость суспензий с микро- и грубодисперсными наполнителями?

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (зачет)

Итоговый контроль по дисциплине не предусмотрен.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета

Итоговый контроль по дисциплине не предусмотрен.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Сумм, Б.Д. Коллоидная химия / Б.Д. Сумм. - М.: Academia, 2017. - 416 с.
2. Коллоидная химия. Практикум и задачник: учебное пособие для вузов / В. В. Назаров, А. С. Гродский, Н. А. Шабанова [и др.] ; Под редакцией проф. В. В. Назарова и доц. А. С. Гродского. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 436 с.
3. Малкин А. Я. Основы реологии / А. Я. Малкин. — Санкт-Петербург : Профессия, 2018. — 331 с.
4. Холмберг К. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах / пер. с англ.— 4-е изд., электрон. / К. Холмберг, Б. Нссон, Б. Кронберг, Б. Линдман. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 531 с.

Б. Дополнительная литература

1. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. М.: ООО ТИД «Альянс», 2004. - 464 с.
2. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности. М.: Интеллект, 2011. - 568 с.
3. Израелашвили Дж. Межмолекулярные и поверхностные силы /Джейкоб Израелашвили// пер. с английского И.М. Охупкина и К.Б. Зельдович; научный редактор - И.В. Яминский. - М.: Научный мир, 2011. 456 стр.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Научно-технические журналы:

1. Коллоидный журнал. ISSN: 0023-2912.
<https://naukabooks.ru/zhurnali/katalog/kolloidnyj-zhurnal/>
2. Журнал физической химии. ISSN: 0044-4537.
<https://www.naukaran.com/zhurnali/katalog/zhurnal-fizicheskoy-himii/>
3. Advances in Colloid and Interface Science. ISSN: 0001-8686.
<https://www.journals.elsevier.com/advances-in-colloid-and-interface-science>.
4. Journal of Interface and Colloid Science. ISSN: 0021-9797.
<https://www.journals.elsevier.com/journal-of-colloid-and-interface-science>.
5. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. ISSN: 0927-7757.
<https://www.journals.elsevier.com/colloids-and-surfaces-a-physicochemical-and-engineering-aspects>.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет

- Издательство ELSEVIER на платформе ScienceDirect
<http://www.sciencedirect.com>.
- Издательство American Chemical Society (ACS)
<http://pubs.acs.org>.
- Международная издательская компания NaturePublishingGroup (NPG)
<http://www.nature.com>.
- Издательство Wiley-Blackwell
<http://www.interscience.wiley.com>.
- Издательство SPRINGER
<http://www.springerlink.com>.
- Журнал SCIENCE
<http://www.science.com>
- Российская научная электронная библиотека
<http://www.elibrary.ru>

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины: компьютерные презентации интерактивных лекций – 4, (общее число слайдов – 76).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС)

Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

№	Электронный ресурс	Реквизиты договора (номер, дата заключения, срок действия), ссылка на сайт ЭБС, сумма договора, количество ключей	Характеристика библиотечного фонда, доступ к которому предоставляется договором
1	Электронно-библиотечная система ИБЦ РХТУ им. Д.И.Менделеева (на базе АИБС «Ирбис»)	Принадлежность – собственная РХТУ. Ссылка на сайт ЭБС – http://lib.muctr.ru/ Доступ для пользователей РХТУ с любого компьютера	Электронные версии учебных и научных изданий авторов РХТУ по всем ООП.
2.	CAS SciFinder Discovery Platform	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 05.05.2025 г. № 327 С 01.01.2025.г. до 30.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://scifinder-n.cas.org Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен.	CAS SciFinder Discovery Platform - платформа, созданная Chemical Abstracts Service подразделением Американского химического общества. CAS SciFinder - онлайн-сервис, обеспечивающий поиск и анализ информации в области химии, биохимии, фармацевтики, генетики, химической инженерии, материаловедения, нанотехнологий,

			физики, геологии, металлургии и других смежных дисциплин.
3.	Wiley Journals Database	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 05.05.2025 г. № 326, 329 С 01.01.2025.г. до 30.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://onlinelibrary.wiley.com Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа: https://www.wiley.com/en-us/customer-success/brightcove-research-training/how-to-access-wiley-online-library-content-remotely	John Wiley & Sons, Inc. – крупнейшее академическое издательство с мультидисциплинарным контентом. В портфолио издательства более 1600 научных рецензируемых журналов, 22 000 книг и монографий, а также 250 справочников и энциклопедий. Wiley Journal Database и Wiley Journal Backfiles – полнотекстовые коллекции, которые включают в себя как текущие, так и архивные выпуски из более чем 1700 журналов издательства, охватывающие такие области как гуманитарные, естественные, общественные и технические науки, а также сельское хозяйство, медицину и здравоохранение. Глубина доступа: 1997 - 2004 гг. (до 30.06.2025 г.); 2025 г. (бессрочно)

4.	Questel. База данных Orbit Premium edition	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 25.04.2025 г. № 310 С 01.01.2025.г. до 30.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://www.orbit.com Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Удаленный доступ к ресурсу только через SAML (Security Assertion Markup Language) аутентификацию.	Orbit Premium edition (Orbit Intelligence Premium) – база данных патентного поиска, объединяющая информацию о более чем 122 миллионах патентных публикаций, полученную из 120 международных патентных ведомств, включая РосПатент, Всемирную организацию интеллектуальной собственности (ВОИС), Европейскую патентную организацию. База включает не только зарегистрированн ые патенты, но и документы от стадии заявки до регистрации. Большинство документов содержат аннотации на английском языке, полные тексты документов приводятся на языке оригинала.
5.	Электронны е ресурсы издательств а SAGE Publications eBook Collections	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 30.10.2022 г. № 1403	eBook Collections - полнотекстовая коллекция электронных книг (монографий) издательства SAGE Publications

		С 01.11.2022.г. – бессрочно Ссылка на сайт – https://sk.sagepub.com/books/discipline Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен.	по различным областям знаний. Глубина доступа: 1984 - 2021 гг.
6.	World Scientific Publishing Co Pte Ltd. База данных World Scientific Complete eJournal Collection	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 15.06.2023 г. № 883 С 01.11.2022.г. до 01.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://www.worldscientific.com Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен	World Scientific Complete eJournal Collection – мультидисциплинарная полнотекстовая коллекция журналов международного научного издательства World Scientific Publishing, которая охватывает такие тематики, как математика, физика, компьютерные науки, инженерное дело, науки о жизни, медицина и социальные науки. Особое внимание в коллекции уделено исследованиям Азиатско-тихоокеанского региона, которые объединены в группу журналов Asian Studies. Глубина доступа: 2001 – 2025 гг.
7.	Электронные ресурсы Springer Nature_	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 29.12.2022 г. № 1948	Springer Journals – полнотекстовая политематическая коллекция журналов издательства Springer по

		Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	различным отраслям знаний, которая включает более 2 900 наименований журналов по дисциплинам: Глубина доступа: 1997 - 2024 гг.
		Бессрочно Ссылка на сайт- https://www.nature.com	Nature Journals – полнотекстовая коллекция журналов издательства Nature Publishing Group, входящего в группу компаний Springer Nature, включающая журналы издательств Nature, Academic journals, Scientific American и Palgrave Macmillan. Глубина доступа: 2007 - 2024 гг.
		Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	Adis Journals – полнотекстовая коллекция журналов и информационных бюллетеней издательства Adis,

			размещенная на платформе Springer Nature. Коллекция включает 19 рецензируемых журналов по медицине, биомедицине и фармакологии. Глубина доступа: 2020 - 2024 гг.
		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства.	
8.	Электронные ресурсы Springer Nature_Physical Sciences & Engineering Package	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 20.03.2024 г. № 254 Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	1. Springer Journals – база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2024 г.), а именно тематические коллекции Physical Sciences & Engineering Package на платформе https://link.springer.com/
		Бессрочно Ссылка на сайт- https://www.nature.com	2. Nature Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы Nature Publishing Group, а именно Nature journals (год издания - 2024 г.) тематической коллекции Physical Sciences & Engineering Package на

			платформе: https://www.nature.co
		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства.	
9.	Электронные ресурсы Springer Nature_Social Sciences Package	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 20.03.2024 г. № 254 Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	1. Springer Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2024 г.), а именно тематическую коллекцию Social Sciences Package на платформе: https://link.springer.com/
		Бессрочно Ссылка на сайт- https://www.nature.com	2. Nature Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2034 г.), а именно тематическую коллекцию Social Sciences Package на платформе: https://link.springer.com/
		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства.	

10.	База данных 2021,2023 eBook Collectionsъ Springer Nature	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 02.08.2022 г. № 1045 Информационное письмо РФФИ от 29.12.2022 г. № 1947 Бессрочно Ссылка на сайт http://link.springer.com/ О настройках удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства. Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен.	Springer eBook Collections – полнотекстовая архивная коллекция электронных книг издательства Springer Nature на английском языке по различным отраслям знаний. Глубина доступа: 2005 - 2010 гг.; 2018 - 2024 гг.
11 ю	Электронны е ресурсы AIPP Digital Archive издательств а American Institute of Physics Publishing	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 29.12.2022 г. № 1945 Бессрочно Ссылка на сайт- https://scitation.org Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен	AIPP Journal Collection – база данных, содержащая архивную полнотекстовую коллекцию из 29 журналов и сборников конференций издательства American Institute of Physics Publishing. в области прикладной физики и смежных областях знания. Глубина доступа: 1929-1998 гг.
12.	Электронны е ресурсы AIPP E-Book Collection I + Collection II издательств а American	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 31.10.2022 г. № 1404 С 01.11.2022 г. – бессрочно	AIPP Ebook Collection I + AIPP Ebook Collection II – полнотекстовые коллекции книг издательства American Institute of Physics

	Institute of Physics Publishing	Ссылка на сайт- https://scitation.org/ebooks Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен	Publishing в области прикладной и химической физики, биологии, энергетики, оптики, фотоники, материаловедения и нанотехнологий и др. Глубина доступа: 2020 - 2022 гг.
13.	Bentham Science Publishers База данных Journals	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 24.08.2022 г. № 1136 Бессрочно Ссылка на сайт – https://eurekaselect.com/bypublication С инструкцией по настройке удаленного доступа можно ознакомиться по ссылке Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен.	Bentham journal collection – полнотекстовая коллекция журналов издательства Bentham Science, которое публикует научные, технические и медицинские издания, охватывающие различные области от химии и химической технологии, инженерии, фармацевтических исследований и разработок, медицины до социальных наук. Глубина доступа: 2000 - 2021 гг. (до 01.06.2025 г.) ; 2022 - 2025 гг.

14.	Bentham Science Publishers База данных eBooks	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 08.09.2022 г. № 1217 Бессрочно Ссылка на сайт – https://eurekaselect.com/bybook Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен.	Books – полнотекстовая коллекция электронных книг издательства Bentham Science Publishers, в которую включены издания по следующим областям науки: химия, физика, материаловедение, астрономия, оптика, фотоника, энергетика, инженерия, математика, статистика, информатика и вычислительная техника, медицина, фармакология, окружающая среда, бизнес, экономика, финансы и др. Глубина доступа: 2004 - 2022 гг.

15.	EBSCO eBook	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 28.04.2023 г. № 708 Бессрочно Ссылка на сайт – https://web.p.ebscohost.com/ehost/search/basic?vid=0&sid=d6f3a513-2512-4b52-bd8c-4ff40c184aed%40redis Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Удаленный доступ по индивидуальной регистрации.	EBSCO eBooks – полнотекстовая междисциплинарная коллекция, которая включает более 5000 электронных книг от ведущих научных и университетских издательств и охватывает широкий спектр тем: бизнес, всемирная история, инженерия, литературоведение, медицина, образование, политология, религия, социальные науки, технологии, философия, экономика, языкознание и др. Глубина доступа: 2011 - 2023 гг.
16.	Научные журналы РАН	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 29.10.2024 г. № 1080 Бессрочно Ссылка на сайт – https://journals.rcsi.science/ Доступ осуществляется на основе IP-адресов университета и персональной регистрации	Полнотекстовая коллекция журналов Российской академии наук включает 141 наименование журналов, охватывающих различные научные специальности. Глубина доступа: 2023-2025 Бессрочно

Бесплатные архивные коллекции, приобретенные Минобрнауки для вузов.
[Архив Издательства American Association for the Advancement of Science. Пакет «Science Classic» 1880-1996](#)
[Архив Издательства Annual Reviews. Пакет «Full Collection» 1932-2005](#)
[Архив издательства Института физики \(Великобритания\). Пакет «Historical Archive 1874-1999» с первого выпуска каждого журнала по 1999, 1874-1999](#)
[Архив издательства Nature Publishing Group. Пакет «Nature» с первого выпуска первого номера по 2010, 1869-2010](#)
[Архив издательства Oxford University Press. Пакет «Archive Complete» с первого выпуска каждого журнала по 1995, 1849-1995](#)
[Архив издательства Sage. Пакет «2010 SAGE Deep Backfile Package» с первого выпуска каждого журнала по 1998, 1890-1998](#)
[Архив издательства Taylor & Francis. Full Online Journal Archives. с первого выпуска каждого журнала по 1996, 1798-1997](#)
[Архив издательства Cambridge University Press. Пакет «Cambridge Journals Digital Archive \(CJDA\)» с первого выпуска каждого журнала по 2011, 1827-2011](#)
[Архив журналов Королевского химического общества\(RSC\). 1841-2007](#)

Бесплатные официальные открытые ресурсы Интернет:

1. Directory of Open Access Journals (DOAJ) <http://doaj.org/>
 Ресурс объединяет более 10000 научных журналов по различным отраслям знаний (около 2 миллионов статей) из 134 стран мира.
2. Directory of Open Access Books (DOAB) <https://www.doabooks.org/>
 В базе размещено более 3000 книг по различным отраслям знаний, предоставленных 122 научными издательствами.
3. BioMed Central <https://www.biomedcentral.com/> База данных включает более 300 рецензируемых журналов по биомедицине, медицине и естественным наукам. Все статьи, размещенные в базе, находятся в свободном доступе.
3. Электронный ресурс arXiv <https://arxiv.org/>
 Крупнейшим бесплатный архив электронных научных публикаций по разделам физики, математики, информатики, механики, астрономии и биологии. критериев.
4. Коллекция журналов MDPI AG <http://www.mdpi.com/>
 Многодисциплинарный цифровой издательский ресурс выпускает более 120 разнообразных электронных журналов, находящихся в открытом доступе.
5. Издательство с открытым доступом InTech <http://www.intechopen.com/>
 Первое и крупнейшее в мире издательство, публикующее книги в открытом доступе, около 2500 научных изданий. Основная тематическая направленность - физические и технические науки, технологии, медицинские науки, науки о жизни.
6. База данных химических соединений ChemSpider <http://www.chemspider.com/>
 ChemSpider – это бесплатная химическая база данных, предоставляющая быстрый доступ к более чем 28 миллионам структур, свойств и соответственной информации. Ресурс принадлежит Королевскому химическому обществу Великобритании (Royal Society of Chemistry).
7. Коллекция журналов PLOS ONE <http://journals.plos.org/plosone/>
 PLOS ONE – коллекция журналов, в которых публикуются отчеты о новых исследованиях в области естественных наук и медицины. рецензирование.
8. US Patent and Trademark Office (USPTO) <http://www.uspto.gov/>

Ведомство по патентам и товарным знакам США — USPTO — предоставляет свободный доступ к американским патентам, опубликованным с 1976 г. По настоящее время.

9. Espacenet - European Patent Office (EPO) <http://worldwide.espacenet.com/>
Патенты (либо патентные заявки) более 50 национальных и нескольких международных патентных бюро, в том числе полные тексты патентов США, России, Франции, Японии и др.

10. Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС)
http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru

Информационные ресурсы ФИПС свободного доступа:

- Электронные бюллетени. Изобретения. Полезные модели.
- Открытые реестры российских изобретений и заявок на изобретения.
- Рефераты российских патентных документов за 1994–2016 гг.
- Полные тексты российских патентных документов из последнего

официального бюллетеня

11. The Association for Computing Machinery (ACM) – международное некоммерческое профессиональное сообщество, основанное в 1947 году, объединяющее преподавателей, исследователей и специалистов в области вычислительной техники, информационных и компьютерных технологий. Ссылка на ресурс: <https://dl.acm.org>
Ссылка на раздел Open access: <https://www.acm.org/publications/openaccess>

12. Annual Reviews – некоммерческая академическая издательская компания, выпускающая журналы с 1932 года.

В портфолио издательства 51 журнал, тематика которых охватывает области естественных и социальных наук, наук о жизни, биомедицину, экономику и др.

Ссылка на ресурс: <https://www.annualreviews.org/>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.annualreviews.org/S2O>

13. Cambridge University Press – старейшее в мире университетское издательство, публикующее исследовательские работы, справочные и учебные материалы по широкому кругу дисциплин. Контент издательства представлен на онлайн-платформе Cambridge Core, на которой доступно 117 журналов и 372 книги открытого доступа, 317 журналов гибридного доступа.

Ссылка на ресурс: <https://www.cambridge.org/universitypress>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.cambridge.org/core/publications/open-access>

14. The Royal Society of Chemistry включает 12 журналов «золотого» открытого доступа, кроме того, все журналы общества являются гибридными и в них могут публиковаться материалы открытого доступа.

Журналы общества охватывают основные химические науки, включая смежные области, такие как биология, биофизика, энергетика и окружающая среда, машиностроение, материаловедение, медицина и физика.

Ссылка на ресурс: <https://pubs.rsc.org/en/journals?key=title&value=current>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.rsc.org/journals-books-databases/open-access/>

15. Taylor & Francis на сегодняшний день издательство выпускает около 180 журналов с полностью открытым доступом.

Ссылка на ресурс: <https://www.tandfonline.com/>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.tandfonline.com/openaccess/openjournals>

16. Издательство John Wiley & Sons, Inc. включает около 230 журналов «золотого» открытого доступа и более 1300 гибридных журналов.

Ссылка на ресурс:

<https://onlinelibrary.wiley.com/action/doSearch?AllField=&ConceptID=15941&startPage=>

Ссылка на раздел Open access: <https://authorservices.wiley.com/open-research/open-access/browse-journals.htm>

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Коллоидная химия композиционных материалов электроники»* проводятся в форме лекций, лабораторных занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная традиционной учебной доской и/или электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для обучающихся, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

Учебные лаборатория поверхностных явлений и лаборатория дисперсных систем, оснащенные необходимой лабораторной мебелью, аквадистиллятором АЭ, сушилкой для пробирок и колб Stegler и установками, обеспечивающими выполнение лабораторных работ в соответствии с учебным планом.

Установки (приборы) для определения поверхностного и межфазного натяжений, установки для определения краевых углов, в том числе гониометры ЛК-1 с программным обеспечением для обработки данных, установки для определения критической концентрации мицеллообразования в растворах поверхностно-активных веществ, ионообменные колонки, установки для определения электрокинетического потенциала методом электрофореза, ротационные вискозиметры, капиллярные вискозиметры с насосом вакуумным N86 KN18.KNF, оптические микроскопы Биомед-5 с цифровой камерой Livenhuk, спектрофотометры однолучевые СФ-102, фотометры фотоэлектрические КФК-3-01, рН-метры милливольтметры рН-420, весы порционные ANDHT-500, мешалка магнитная без подогрева ММ-135 Tagler, электрическая плитка IRITIR-8004, лабораторный высокоскоростной гомогенизатор-мешалка XNF-DYSTEGLER, кондуктометры, торсионные весы.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Учебно-наглядные пособия не предусмотрены

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедральная библиотека электронных изданий и диссертационных работ, выполненных аспирантами и сотрудниками кафедры.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	ABBYY FineReader 10 Professional Edition	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	20 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
2.	CorelDRAW Graphics Suite X5 Education License	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	5 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
3.	Управление проектами Project expert tutorial	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
4.	Неисключительная лицензия на использование SOLIDWORKS EDU Edition 2019-2020 Network - 200 Users	Контракт №28- 35ЭА/2020 от 26.05.2020	Сетевая лицензия на 200 пользователей	бессрочная
5.	SolidWorks EDU Edition 2020-2021 Network - 200 U бессрочная sers	Контракт № 90- 133ЭА/2021 от 07.09.2021	Сетевая лицензия на 200 пользователей	бессрочная
6.	Неисключительная лицензия на право использования Учебного комплекта Компас-3D v21 на 50 мест КТПП	Контракт №189- 240ЭА/2023 от 15.01.2024	Учебный комплект программного обеспечения КОМПАС-3D v21 "Проектирование и конструирование в машиностроении"	бессрочная

			на 50 мест	
7.	Среда разработки Delphi	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
8.	Среда разработки C++ Builder	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
9.	Среда разработки Simulink Control Design Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
10.	Система проектирования CA ErWin Modeling Suite Bundle	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
11.	OriginPro 8.1 Department Wide License	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
12.	Программа обработки экспериментальных данных BioOffice ultra	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
13.	Программа обработки экспериментальных данных Chemdraw pro	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
14.	Программа обработки экспериментальных данных Chemdraw ultra	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
15.	MATLAB Academic new Product Group Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	3 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
16.	MATLAB Classroom Suite new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
17.	Instrument Control Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная

18.	Image Processing Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
19.	Fuzzy Logic Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
20.	System Identification Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
21.	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
22.	Statistics Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
23.	Global Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
24.	Partial Differential Equation Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
25.	Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
26.	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
27.	NI Circuit Design Suite	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	10 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
28.	Неисключительная лицензия OriginLab ORIGINPRO- New License Node-Lock License Singl Seat EDUCATIONAL	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	13 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная

29.	Неисключительная лицензия Originlab Annual Maintenance Renewal OriginPro 2022b Perpetual Node-Locked Academic Licens	Контракт №72- 99ЭА/2022 от 29.08.2022	13 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
30.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62- 64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
31.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28- 35ЭА/2020 от 26.05.2020	150 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
32.	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62- 64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
33.	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook	Контракт №175- 262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
34.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	-	24 месяца (продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
35.	iSpring Suite Max	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	1 лицензия для активации на рабочих станциях	02.12.2025
36.	iSpring Suite версия 11	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	1 лицензия для активации на рабочих станциях	02.12.2025

37.	Планы Мини	Договор № 99-155ЭА-223/2024 от 25.11.2024	1	30.09.2025
38.	Astra Linux Special Edition для 64-х разрядной платформы на базе процессорной архитектуры x86-64	Контракт №189-240ЭА/2023 от 15.01.2024	60 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
39.	COMSOL Multiphysics, Лицензия на учебный класс (CKL)	Контракт № 109-132ЭА/2023 от 22.09.2023	1	бессрочная
40.	COMSOL Multiphysics, Плавающая сетевая лицензия (FNL)	Контракт № 109-132ЭА/2023 от 22.09.2023	1	бессрочная
41.	Антиплагиат.ВУЗ 5.0	Контракт № 13-143К/2025 от 30.04.2025	1	19.05.2026

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Основные характеристики наполнителей композиционных материалов	<i>Знает:</i> – современные научные достижения и перспективные направления работ в области направленного регулирования коллоидно-химических свойств наполненных систем и получения композиционных материалов с заданным комплексом эксплуатационных параметров; <i>Умеет:</i> – проводить анализ научно-технической литературы в области направленного регулирования коллоидно-химических свойств наполненных систем и получения композиционных материалов с заданным комплексом эксплуатационных параметров; <i>Владеет:</i> – методами работы с научно-технической,	Оценка за контрольную работу №1 Оценка за реферат

	справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами для самостоятельного поиска необходимой информации о теоретических и научно-исследовательских достижениях в данной области знаний.	
Раздел 2. Адсорбционное модифицирование поверхности частиц наполнителей	<i>Знает:</i> - современные научные достижения и перспективные направления работ в области направленного регулирования коллоидно-химических свойств наполненных систем и получения композиционных материалов с заданным комплексом эксплуатационных параметров - основные подходы и возможности адсорбционного модифицирования поверхности наполнителя с применением поверхностно-активных веществ и высокомолекулярных соединений <i>Умеет:</i> - проводить анализ научно-технической литературы в области направленного регулирования коллоидно-химических свойств наполненных систем и получения композиционных материалов с заданным комплексом эксплуатационных параметров - выбирать эффективные модификаторы поверхности частиц дисперсных систем с учетом данных об их коллоидно-химических свойствах <i>Владеет:</i> - методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами для самостоятельного поиска необходимой информации о теоретических и научно-исследовательских достижениях в данной области знаний - методами оценки поведения систем, содержащих такие дополнительные модификаторы поверхности как поверхностно-активные вещества и высокомолекулярные соединения	Оценка за контрольную работу №1 Оценка за реферат
Раздел 3. Оценка влияния модификаторов на взаимодействие частиц (расширенная теория ДЛФО)	<i>Знает:</i> - современные научные достижения и перспективные направления работ в области направленного регулирования коллоидно-химических свойств наполненных систем и получения композиционных материалов с заданным комплексом эксплуатационных параметров	Оценка за контрольную работу №2 Оценка за реферат

	- основные направления развития расширенной теории ДЛФО и области ее применимости для оценки и прогнозирования свойств систем, содержащих дополнительные модификаторы поверхности <i>Умеет:</i> - проводить анализ научно-технической литературы в области направленного регулирования коллоидно-химических свойств наполненных систем и получения композиционных материалов с заданным комплексом эксплуатационных параметров -выбирать эффективные модификаторы поверхности частиц дисперсных систем с учетом данных об их коллоидно-химических свойствах <i>Владеет:</i> - методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами для самостоятельного поиска необходимой информации о теоретических и научно-исследовательских достижениях в данной области знаний - методами оценки и прогнозирования поведения систем, содержащих такие дополнительные модификаторы поверхности как поверхностно-активные вещества и высокомолекулярные соединения	
Раздел 4.Реология дисперсных систем	<i>Знает:</i> - современные научные достижения и перспективные направления работ в области направленного регулирования коллоидно-химических свойств наполненных систем и получения композиционных материалов с заданным комплексом эксплуатационных параметров - основные подходы и возможности адсорбционного модифицирования поверхности наполнителя с применением поверхностно-активных веществ и высокомолекулярных соединений - основные закономерности формирования пространственных структур в дисперсных системах <i>Умеет:</i> - проводить анализ научно-технической литературы в области направленного регулирования коллоидно-химических свойств наполненных систем и получения	Оценка за контрольную работу №2 Оценка за реферат

	композиционных материалов с заданным комплексом эксплуатационных параметров - определять основные характеристики пространственных структур по данным об их реологическом поведении <i>Владеет:</i> - методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами для самостоятельного поиска необходимой информации о теоретических и научно-исследовательских достижениях в данной области знаний - методами определения основных реологических характеристик ньютоновских и неньютоновских систем	

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Коллоидная химия композиционных материалов электроники»
основной образовательной программы
18.04.01 Химическая технология
магистерская программа
«Технология функциональных материалов электроники и фотоники»**

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ
СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ ФОТОНИКИ, НАНО- И
МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ»**

**Направление подготовки
18.04.01 Химическая технология**

**Магистерская программа
«Технология функциональных материалов электроники и фотоники»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена:

К.т.н. доцентом кафедры химии и технологии кристаллов, Файковым П.П.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И. Менделеева

(Наименование кафедры)

«23» мая 2025 г., протокол № 13.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 Химическая технология** (ФГОС ВО), накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *химии и технологии кристаллов* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина «Кристаллохимические особенности конструирования современных материалов фотоники, нано- и микроэлектроники» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений к вариативной части дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области неорганического материаловедения, в частности в области технологии полупроводниковых и диэлектрических кристаллов и других материалов электронной техники.

Цель дисциплины – обучение студентов знаниям, умениям и навыкам использования информации производства материалов и компонентов микро- и наноэлектроники, формирование и совершенствование комплексного подхода к особенностям конструирования современных материалов и устройств современных материалов и устройств фотоники, нано- и микроэлектроники.

Задачи дисциплины:

- формирование и совершенствование у студентов магистратуры представления о производстве материалов и компонентов микро- и наноэлектроники
- формирование и совершенствование комплексного подхода к особенностям конструирования современных материалов и устройств фотоники,
- овладение теоретическими и практическими знаниями основных процессов получения материалов и компонентов микро и наноэлектроники, необходимых студентам магистратуры для формирования их профессиональных компетенций

Дисциплина «Кристаллохимические особенности конструирования современных материалов фотоники, нано- и микроэлектроники» преподается в 1 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-3 Способен применять современные приборы и методы исследования, планировать, организовывать и проводить эксперименты и испытания, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты	ПК-3.3 Владеет приемами обработки, анализа и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт 40.039 «Специалист в области разработки полупроводниковых лазеров», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция Разработка конструкции и

				технологии изготовления новой модели полупроводникового лазера (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.037 «Специалист по разработке технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция Е. Разработка концепции технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов(Е/03.7 Разработка технологической концепции производства нового прибора (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.039 «Специалист в области разработки полупроводниковых

				лазеров», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция С/03.7. Научно-техническое сопровождение изготовления опытной партии разработанной новой модели полупроводникового лазера (уровень квалификации – 7).
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-	ПК-4 Способен разрабатывать новые материалы и изделия электроники и нанoeлектроники	ПК-4.1 Знает физические принципы работы материалов и изделий электроники и нанoeлектроники ПК-4.2 Умеет подбирать материалы для создания изделий электроники и нанoeлектроники с заданными функциональными свойствами - ПК-4.3 Владеет навыками создания материалов и изделий электроники и нанoeлектроники с заданными свойствами	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт 29.002 «Специалист технического обеспечения технологических процессов производства приборов

	технологического производства).			квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. N 598н Обобщенная трудовая функция Ф. Координация работ по технической подготовке и сопровождению производства приборов квантовой электроники и фотоники на базе нанотехнологий. Ф/02.7 Разработка требований к уровню технической подготовки производства и контрольных показателей для его оценки (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.037 «Специалист по разработке технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016)

				Обобщенная трудовая функция Е. Разработка концепции технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов(Е/03.7 Разработка технологической концепции производства нового прибора (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.039 «Специалист в области разработки полупроводниковых лазеров», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция С/03.7. Научно-техническое сопровождение изготовления опытной партии разработанной новой модели полупроводникового лазера (уровень квалификации – 7).
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового,	Химическое, химико-технологическое	ПК-5 Способен осуществлять комплексный анализ научных основ	ПК-5.1 Знает современные требования к функциональным характеристиками материалов и изделий электроники и	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления

теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	технологии новых материалов и изделий электроники и нанoeлектроники	нанoeлектроники ПК-5.2 Умеет модифицировать имеющиеся материалы для нужд создания новых изделий электроники и нанoeлектроники	подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт 29.002 «Специалист технического обеспечения технологических процессов производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. N 598н Обобщенная трудовая функция F. Координация работ по технической подготовке и сопровождению производства приборов квантовой электроники и фотоники на базе нанотехнологий. F/02.7 Разработка требований к уровню технической подготовки производства и контрольных

				показателей для его оценки (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.037 «Специалист по разработке технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция Е. Разработка концепции технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов(Е/03.7 Разработка технологической концепции производства нового прибора (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.039 «Специалист в области разработки полупроводниковых лазеров», утвержденный приказом Министерства труда и

				социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция С/03.7. Научно-техническое сопровождение изготовления опытной партии разработанной новой модели полупроводникового лазера (уровень квалификации – 7).

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- основные направления в производстве современных материалов и устройств фотоники, нано- и микроэлектроники;
- теоретические основы научных направлений конструирования современных материалов и устройств фотоники, нано- и микроэлектроники;
- основные принципы методов исследования материалов фотоники, нано- и микроэлектроники;
- физическую и химическую сущность процессов и явлений, протекающих в материалах и устройствах фотоники, нано- и микроэлектроники, как при их получении так и в ходе эксплуатации.

Уметь:

- правильно использовать закономерности для реализации потенциальных возможностей исходных компонентов и оборудования при проектировании и создании современных материалов фотоники, нано- и микроэлектроники;
- применять знания для разработки структуры, закономерностей развития и устойчивости производства компонентов фотоники нано- и микроэлектроники;
- планировать и реализовывать исследования материалов фотоники и микроэлектроники, использовать результаты исследований в профессиональной деятельности;
- уметь использовать полученные знания для лучшего усвоения смежных дисциплин специализации на этапе обучения для выбора оптимальных технологических решений в будущей исследовательской работе.

Владеть:

- информацией о современных тенденциях развития систем фотоники, нано- и микроэлектроники для создания материалов и устройств с улучшенными физико-техническими характеристиками;
- навыками использования знаний о структуре и свойствах современных материалов и особенностях конструирования устройств для фотоники, микро- и наноэлектроники в будущей исследовательской работе

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,5	51	38,25
Лекции	1	17	25,5
Практические занятия (ПЗ)	0,5	34	12,75
Самостоятельная работа	1,5	57	42,75
Контактная самостоятельная работа	2	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		56,6	42,45
Вид контроля:			
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Всего	Лекции	Прак. зан.	Сам. работа
1.	Раздел 1. Основные виды и принципы формования материалов и изделий фотоники нано- и микроэлектроники	34	6	11	17
1.1	Технологии литья и пластического формования	18	3	6	9
1.2	Прессование	16	3	5	8
2.	Раздел 2. Новейшие методы конструирования современных материалов и устройств фотоники, нано- и микроэлектроники	37	5	12	20
2.1	Аддитивные технологии	9,25	1,25	3	5
2.2	Экструзионная печать	9,25	1,25	3	5
2.3	Технологии лазерного спекания (SLS и DMLS) и плавки (SLM)	9,25	1,25	3	5
2.4	3D стереолитография, лазерная стереолитография и ламинирование	9,25	1,25	3	5
3.	Раздел 3. Новейшие материалы для изделий современной фотоники микро- и наноэлектроники.	37	6	11	20
3.1	Прозрачные поликристаллические материалы	9,25	1,5	2,75	5
3.2	Наноалмазы	9,25	1,5	2,75	5
3.3	Неуглеродные нанотрубки и другие наноструктуры	9,25	1,5	2,75	5
3.4	Электронные чернила	9,25	1,5	2,75	5
	ИТОГО	108	17	34	57

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Основные виды и принципы формования материалов и изделий фотоники nano- и микроэлектроники

1.1. Технологии литья и пластического формования

Основные виды и принципы формования материалов и изделий фотоники nano- и микроэлектроники. Технологии свободного литья, и литья под давлением. Пленочная технология литья. Литье из горячих термопластичных и термореактивных шликеров. Получение материалов методом экструзии, и штамповки.

1.2. Прессование.

Основные принципы прессования, требования к исходным материалам компонентов фотоники и микроэлектроники, зерновой состав, коэффициент упаковки дополнительные характеристики порошков, приготовление формовочной массы (пресс-порошка).

Классификация и особенности применения современных видов прессования: полусухое одноосное двухстороннее прессование, горячее прессование, гидростатическое прессование, горячее изостатическое прессование, квазиизостатическое прессование искровое плазменное спекание, влияние выбора метода формования на структуру и свойства получаемого изделия.

Раздел 2. Новейшие методы конструирования современных материалов и устройств фотоники, nano- и микроэлектроники

2.1. Аддитивные технологии

Аддитивные технологии: 3D-печать или «аддитивное производство» – процесс создания цельных трехмерных объектов практически любой геометрической формы на основе цифровой модели. 3D-печать основана на концепции построения объекта последовательно наносимыми слоями, отображающими контуры модели.

Аддитивное производство (Additive Manufacturing) – это создание изделий, основанное на поэтапном добавлении материала на основу в виде плоской платформы или осевой заготовки. В самом термине «аддитивность» (от лат. *additivus* – прибавляемый) заложен основной принцип этого процесса. Такой способ изготовления также называют «выращиванием» из-за послойного создания изделия.

Таким образом, суть аддитивного производства – в сложении, а не вычитании. Если при традиционном производстве вначале имеется заготовка, от которой потом отсекается все лишнее, то в случае с аддитивными технологиями новое изделие создается из ничего, а точнее, из расходного материала.

2.2. Экструзионная печать

Сюда входят такие методы, как послойное наплавление (FDM) и многоструйная печать (MJM). В основе этого метода лежит выдавливание (экструзия) расходного материала с последовательным формированием готового изделия. Как правило, расходные материалы состоят из термопластиков, либо композитных материалов на их основе.

Послойное склеивание, этот подход основывается на соединении порошкового материала в единое целое. Формирование производится разными способами. Наиболее простым является склеивание, как в случае со струйной трехмерной печатью (3DP).

2.3. Технологии лазерного спекания

Технологии лазерного спекания (SLS и DMLS) и плавки (SLM), позволяющие создавать цельнометаллические детали. Как и в случае со струйной трехмерной печатью, эти устройства наносят тонкие слои порошка, но материал не склеивается, а спекается или плавится с помощью лазера. Лазерное спекание (SLS) применяется для работы как с пластиковыми, так и с металлическими порошками, хотя металлические гранулы обычно имеют более легкоплавкую оболочку, а после печати дополнительно спекаются в специальных печах. DMLS – вариант SLS установок с более мощными лазерами, позволяющими спекать непосредственно металлические порошки без добавок.

SLM-принтеры предусматривают уже не просто спекание частиц, а их полную плавку, что позволяет создавать монолитные модели, не страдающие от относительной хрупкости, вызываемой пористостью структуры. Как правило, принтеры для работы с металлическими порошками оснащаются вакуумными рабочими камерами, либо замещают воздух инертными газами.

2.4. 3D стереолитография, лазерная стереолитография и ламинирование.

Сравнительные преимущества и недостатки, принцип работы и конструкция этих 3D принтеров, получение наноструктурированных материалов для фотоники микро- и наноэлектроники с их использованием.

От других технологий трехмерной печати лазерную стереолитографию отличает использование не порошков, а фотополимеров в жидком состоянии, которые накладываются тонкими слоями. Материал затвердевает под лазерным лучом или ультрафиолетовой лампой, после чего мы получаем готовую 3D-модель. Технология заключается, таким образом, в построении твердого тела в жидкой среде.

Изготовление объектов методом ламинирования (LOM) – технология быстрого прототипирования, разработанная компанией Helisys Inc. Метод подразумевает последовательное склеивание листового материала (бумаги, пластика, металлической фольги) с формированием контура каждого слоя с помощью лазерной резки. Объекты, производимые этим методом, обычно подлежат дополнительной механической обработке после печати. Толщина наносимого слоя напрямую зависит от толщины используемого листового материала.

Раздел 3. Новейшие материалы для изделий современной фотоники микро- и наноэлектроники.

3.1. Прозрачные поликристаллические материалы.

Прозрачные поликристаллические материалы. Виды и история возникновения прозрачной керамики, основные факторы, влияющие на прозрачность керамических материалов. Кристаллохимические особенности строения прозрачных поликристаллических материалов. Основные и перспективные способы получения прозрачной керамики. Существующие и перспективные области применения и сравнительная характеристика прозрачных керамических материалов с основными конкурирующими материалами - монокристаллами, стеклами и стеклокристаллическими материалами.

3.2 Наноалмазы.

Характеристика кристаллической структуры и свойства наноалмазов (НА).

Основные способы получения наноалмазов, механизм детонационного синтеза наноалмазов и особенности промышленного получения наноалмазов.

Области применения: в настоящее время лидируют три основных направления: ~ 70% используемых НА приходится на финишное полирование, ~ 25% НА используют в гальванике и ~ 5% — в масляных композициях. В ближайшей перспективе чрезвычайно емкими областями применения НА могут стать производства полимер-алмазных композиций, катализаторов с переносом заряда и модифицированных биостойких бетонов.

Металло-алмазные упрочняющие покрытия, антифрикционные упрочняющие смазочные композиции с НА, антифрикционные композиционные материалы, зародыши для выращивания алмазных пленок: наноалмазы используют при получении искусственных CVD алмазных пленок при производстве кремниевых подложек.

Ультрадисперсный наноалмазографит - области применения, состав и структура материала, получение наноалмазографитной шихты. Способы получения наноалмазов, механизм детонационного синтеза наноалмазов и особенности промышленного получения наноалмазов.

3.3. Неуглеродные нанотрубки и другие наноструктуры.

История появления и методы формирования неуглеродных нанотрубок. Основные методы синтеза и морфология наноструктурированных оксидов переходных металлов. функциональные свойства и применение неуглеродных нанотрубок

Производные фуллеренов, классификация, структурные особенности, свойства и возможное применение заполненных фуллеренов, фуллереновых аддуктов и гетерофуллеренов.

3.4. Электронные чернила.

Технология и принцип работы электронных чернил, полноцветные электронные чернила, E-ink дисплеи с минимальным временем отклика. Преимущества и применение электронных чернил Сравнение с LCD и OLED дисплеями: «Плюсы и минусы» экранов E-Ink по сравнению с LCD/OLED, старение электронной бумаги.

Электронная бумага (Electronic Paper Display) и электронные чернила (Electronic Ink) – это технология по воспроизведению изображений, которая имитирует внешний вид обычных чернил для отображения информации. Первоначальные исследования электронных чернил начались в лаборатории Массачусетского технологического института (MIT Media Lab) в 1996 году. Профессор Джозеф Якобсон назвал разработанные им чернила «E Ink».

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:			
1	– основные направления в производстве современных материалов и устройств фотоники, нано- и микроэлектроники;	+	+	+
2	– теоретические основы научных направлений конструирования современных материалов и устройств фотоники, нано- и микроэлектроники;	+	+	+
3	– основные принципы методов исследования материалов фотоники, нано- и микроэлектроники;	+	+	+
4	– физическую и химическую сущность процессов и явлений, протекающих в материалах и устройствах фотоники, нано- и микроэлектроники, как при их получении так и в ходе эксплуатации.		+	+
	Уметь:			
5	– правильно использовать закономерности для реализации потенциальных возможностей исходных компонентов и оборудования при проектировании и создании современных материалов фотоники, нано- и микроэлектроники;	+	+	+
6	– применять знания для разработки структуры, закономерностей развития и устойчивости производства компонентов фотоники нано- и микроэлектроники;	+	+	+
7	– планировать и реализовывать исследования материалов фотоники и микроэлектроники, использовать результаты исследований в профессиональной деятельности;		+	+
8	– уметь использовать полученные знания для лучшего усвоения смежных дисциплин специализации на этапе обучения для выбора оптимальных технологических решений в будущей исследовательской работе.		+	+
	Владеть:			
9	– информацией о современных тенденциях развития систем фотоники, нано- и микроэлектроники для создания материалов и устройств с улучшенными физико-техническими характеристиками;	+	+	+
10	– навыками использования знаний о структуре и свойствах современных материалов и особенностях конструирования устройств для фотоники, микро- и наноэлектроники в будущей исследовательской работе		+	+

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения</u> :					
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
13	ПК-3 Способен применять современные приборы и методы исследования, планировать, организовывать и проводить эксперименты и испытания, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты	ПК-3.3 Владеет приемами обработки, анализа и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов	+	+	+
14	ПК-4 Способен разрабатывать новые материалы и изделия электроники и наноэлектроники	ПК-4.1 Знает физические принципы работы материалов и изделий электроники и наноэлектроники ПК-4.2 Умеет подбирать материалы для создания изделий электроники и наноэлектроники с заданными функциональными свойствами - ПК-4.3 Владеет навыками создания материалов и изделий электроники и наноэлектроники с заданными свойствами		+	+
15	ПК-5 Способен осуществлять комплексный анализ научных основ технологии новых материалов и изделий электроники и наноэлектроники	ПК-5.1 Знает современные требования к функциональным характеристиками материалов и изделий электроники и наноэлектроники ПК-5.2 Умеет модифицировать имеющиеся материалы для нужд создания новых изделий электроники и наноэлектроники		+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Полусухое прессование	12
2	2	3D-печать или «аддитивное производство»	12
3	3	Прозрачные поликристаллические материалы	10

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума не предусмотрено.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала и подготовку к выполнению контрольных работ по разделам курса;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче *зачета с оценкой* (1 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов), и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы 1,02 и 3 (1 семестр) составляет 20 баллов за каждую.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка 20 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 10 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1.

1. Особенности пленочной технологии литья при производстве современных материалов фотоники и, нано- и микроэлектронки
2. Пластическое формование достоинства и недостатки метода при производстве современных материалов фотоники и, нано- и микроэлектронки
3. Технологии свободного литья при производстве современных материалов фотоники и, нано- и микроэлектронки
4. Литье из горячих термопластичных и термореактивных шликеров.
5. Получение материалов методом экструзии и штамповки.
6. Технологии литья под давлением при производстве современных материалов и фотоники, нано- и микроэлектронки.

Вопрос 1.2.

- 1 Влияние выбора метода формования на структуру и свойства получаемого изделия
2. Требования к исходным материалам при прессовании компонентов фотоники и микроэлектроники.
3. Основные принципы прессования современных материалов фотоники и, нано- и микроэлектронки
4. Зерновой состав, коэффициент упаковки дополнительные характеристики порошков при производстве современных материалов фотоники и, нано- и микроэлектронки
5. Приготовление и свойства формовочной массы (пресс-порошка).
6. Классификация и особенности применения современных видов прессования.
7. Принципы и достоинства полусухого одноосного двухстороннего прессования.
8. Горячее прессование, разновидности, особенности метода.
9. Гидростатическое прессование и горячее изостатическое прессование.
10. Преимущества и недостатки квазиизостатического прессования.
11. Искровое плазменное спекание, особенности метода.
12. Сравнение метода ИПС с традиционными способами получения современных материалов фотоники и, нано- и микроэлектронки.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка 20 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 10 баллов за вопрос.

Вопрос 2.1.

1. Классификация аддитивных технологий.
2. Аддитивное производство, отличия от традиционных способов получения материалов.
3. Основные материалы, используемые в аддитивных процессах.
4. Принцип действия аддитивных установок.
5. Области применения аддитивных технологий.
6. Типы 3D-сканеров и сферы их применения

Вопрос 2.2.

1. Принципы экструзионной печати современных материалов и фотоники, нано- и микроэлектроники.
2. Принцип работы FDM-принтера.
3. Экструдер, устройство и разновидности.
4. Преимущества Fused Deposition Modeling.
5. Расходные материалы экструзионной печати.
6. Принцип действия технологии многоструйной печати.
7. Главные достоинства и недостатки технологии многоструйной печати.
8. Основные области применения технологии многоструйной печати.
9. Расходные материалы многоструйной печати.

Вопрос 2.3

1. Виды технологий лазерного спекания материалов микроэлектроники
2. Сравнительные преимущества и недостатки технологии лазерного спекания.
3. Особенности технологии лазерной плавки SLM.
4. Технологии лазерного спекания (SLS и DMLS).
5. Области применения материалов полученных лазерным спеканием.
6. Области применения материалов полученных лазерной плавкой.

Вопрос 2.4

1. Стереолитография, принцип получения материалов с помощью лазерной стереолитографии
2. Преимущества и особенности технологии лазерной стереолитографии
3. Области применения материалов, полученных с помощью лазерной стереолитографии.
4. Фотостереолитография, принцип работы.
5. Преимущества и недостатки фотостереолитографии.
6. Изготовление объектов методом ламинирования (LOM)
7. Области применения объектов LOM
8. Преимущества и недостатки метода послойного ламинирования.

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Максимальная оценка 20 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 10 баллов за вопрос.

Вопрос 3.1.

1. Требования к исходным материалам при производстве прозрачной керамики
2. Сравнительная характеристика прозрачных керамических материалов с основными конкурирующими материалами - монокристаллами, стеклами и стеклокристаллическими материалами.
3. Виды и история возникновения прозрачной керамики.
4. Основные факторы влияющие на прозрачность керамических материалов.
5. Кристаллохимические особенности строения прозрачных поликристаллических материалов.

6. Основные и перспективные способы получения прозрачной керамики
7. Существующие и перспективные области применения прозрачных поликристаллических материалов.
8. Основные проблемы и трудности получения прозрачных поликристаллических материалов.
9. Влияние качества исходных компонентов на процесс получения прозрачных поликристаллических материалов.
10. Пути удаления пор из структуры прозрачных поликристаллических материалов.
11. Основные этапы технологии изготовления оптически прозрачных керамик.

Вопрос 3.2.

1. Особенности получения наноалмазов детонационным методом.
2. Характеристика кристаллической структуры наноалмазов.
3. Синтетический наноалмаз - новый перспективный материал.
4. Характеристики и свойства наноалмазов.
5. Получение алмазных наночастиц. Основные способы.
6. Промышленный синтез наноалмазов
7. Области применения наноалмазов.
8. Ультрадисперсный наноалмазографит - области применения, состав и структура материала
9. Металло-алмазные упрочняющие покрытия структура и свойства
10. Антифрикционные упрочняющие смазочные композиции с НА

Вопрос 3.3.

1. Неуглеродные наноструктуры, классификация
2. Неуглеродные нанотрубки. История возникновения и виды.
3. Способы получения неуглеродных нанотрубок.
4. Свойства и применение основных видов неуглеродных нанотрубок.
5. Основные виды производных фуллеренов
6. Производные фуллеренов, классификация, структурные особенности.
7. Основные методы синтеза производных фуллеренов
8. Свойства и возможное применение заполненных фуллеренов.
9. Свойства и возможное применение фуллереновых аддуктов
10. Свойства и возможное применение гетерофуллеренов

Вопрос 3.4.

1. Электронная бумага (Electronic Paper Display) и электронные чернила.
2. История создания электронных чернил.
3. Технология E-Ink.
4. Полноцветные электронные чернила.

5. Принцип работы АСeР (электронной бумаги).
6. E-ink дисплеи с минимальным временем отклика
7. Ключевые преимущества электронных чернил над другими видами дисплеев.
8. Применение технологии электронных чернил
9. Плюсы и минусы экранов E Ink по сравнению с LCD/OLED экранами
10. Старение электронной бумаги.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (1 семестр – зачет с оценкой).

Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40 баллов. Экзаменационный билет содержит 3 вопроса. 1 вопрос – 10 баллов, вопрос 2 и 3 – 15 баллов каждый.

1. Особенности пленочной технологии литья при производстве современных материалов фотоники и, нано- и микроэлектронки
2. Пластическое формование достоинства и недостатки метода при производстве современных материалов фотоники и, нано- и микроэлектронки
3. Технологии свободного литья при производстве современных материалов фотоники и, нано- и микроэлектронки
4. Литье из горячих термопластичных и терморезактивных шликеров.
5. Получение материалов методом экструзии и штамповки.
6. Технологии литья под давлением при производстве современных материалов и фотоники, нано- и микроэлектронки.
7. Влияние выбора метода формования на структуру и свойства получаемого изделия
8. Требования к исходным материалам при прессовании компонентов фотоники и микроэлектроники.
9. Основные принципы прессования современных материалов фотоники и, нано- и микроэлектронки
10. Зерновой состав, коэффициент упаковки дополнительные характеристики порошков при производстве современных материалов фотоники и, нано- и микроэлектронки
11. Приготовление и свойства формовочной массы (пресс-порошка).
12. Классификация и особенности применения современных видов прессования.
13. Принципы и достоинства полусухого одноосного двухстороннего прессования.
14. Горячее прессование, разновидности, особенности метода.
15. Гидростатическое прессование и горячее изостатическое прессование.
16. Преимущества и недостатки квазиизостатического прессования.
17. Искровое плазменное спекание, особенности метода.
18. Сравнение метода ИПС с традиционными способами получения современных материалов фотоники и, нано- и микроэлектронки.
19. Классификация аддитивных технологий.
20. Аддитивное производство, отличия от традиционных способов получения материалов.
21. Основные материалы, используемые в аддитивных процессах.
22. Принцип действия аддитивных установок.
23. Области применения аддитивных технологий.
24. Типы 3D-сканеров и сферы их применения
25. Принципы экструзионной печати современных материалов и фотоники, нано- и

микроэлектронки.

26. Принцип работы FDM-принтера.
27. Экструдер, устройство и разновидности.
28. Преимущества Fused Deposition Modeling.
29. Расходные материалы экструзионной печати.
30. Принцип действия технологии многоструйной печати.
31. Главные достоинства и недостатки технологии многоструйной печати.
32. Основные области применения технологии многоструйной печати.
33. Расходные материалы многоструйной печати.
34. Виды технологий лазерного спекания материалов микроэлектроники
35. Сравнительные преимущества и недостатки технологии лазерного спекания.
36. Особенности технологии лазерной плавки SLM.
37. Технологии лазерного спекания (SLS и DMLS).
38. Области применения материалов полученных лазерным спеканием.
39. Области применения материалов полученных лазерной плавкой.
40. Стереолитография, принцип получения материалов с помощью лазерной стереолитографии
41. Преимущества и особенности технологии лазерной стереолитографии
42. Области применения материалов, полученных с помощью лазерной стереолитографии.
43. Фотостереолитография, принцип работы.
44. Преимущества и недостатки фотостереолитографии.
45. Изготовление объектов методом ламинирования (LOM)
46. Области применения объектов LOM
47. Преимущества и недостатки метода послойного ламинирования.
48. Требования к исходным материалам при производстве прозрачной керамики
49. Сравнительная характеристика прозрачных керамических материалов с основными конкурирующими материалами - монокристаллами, стеклами и стеклокристаллическими материалами.
50. Виды и история возникновения прозрачной керамики.
51. Основные факторы, влияющие на прозрачность керамических материалов.
52. Кристаллохимические особенности строения прозрачных поликристаллических материалов.
53. Основные и перспективные способы получения прозрачной керамики
54. Существующие и перспективные области применения прозрачных поликристаллических материалов.
55. Основные проблемы и трудности получения прозрачных поликристаллических материалов.
56. Влияние качества исходных компонентов на процесс получения прозрачных поликристаллических материалов.
57. Пути удаления пор из структуры прозрачных поликристаллических материалов.
58. Основные этапы технологии изготовления оптически прозрачных керамик.
59. Особенности получения наноалмазов детонационным методом.
60. Характеристика кристаллической структуры наноалмазов.
61. Синтетический наноалмаз - новый перспективный материал.
62. Характеристики и свойства наноалмазов.

63. Получение алмазных наночастиц. Основные способы.
64. Промышленный синтез наноалмазов
65. Области применения наноалмазов.
66. Ультрадисперсный наноалмазографит - области применения, состав и структура материала
67. Металло-алмазные упрочняющие покрытия структура и свойства
68. Антифрикционные упрочняющие смазочные композиции с НА
69. Неуглеродные наноструктуры, классификация
70. Неуглеродные нанотрубки. История возникновения и виды.
71. Способы получения неуглеродных нанотрубок.
72. Свойства и применение основных видов неуглеродных нанотрубок.
73. Основные виды производных фуллеренов
74. Производные фуллеренов, классификация, структурные особенности.
75. Основные методы синтеза производных фуллеренов
76. Свойства и возможное применение заполненных фуллеренов.
77. Свойства и возможное применение фуллереновых аддуктов
78. Свойства и возможное применение гетерофуллеренов
79. Электронная бумага (Electronic Paper Display) и электронные чернила.
80. История создания электронных чернил.
81. Технология E-Ink.
82. Полноцветные электронные чернила.
83. Принцип работы АСeР (электронной бумаги).
84. E-ink дисплеи с минимальным временем отклика
85. Ключевые преимущества электронных чернил над другими видами дисплеев.
86. Применение технологии электронных чернил
87. Плюсы и минусы экранов E Ink по сравнению с LCD/OLED экранами
88. Старение электронной бумаги.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (1 семестр).

Зачет с оценкой проводится в 1 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 1, 2 и 3 рабочей программы дисциплины. Билет для **зачета с оценкой** состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для **зачета с оценкой**

«Утверждаю» Руководитель программы _____ И.Х. Аветисов (Подпись) (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра Химии и Технологии Кристаллов
	Направление подготовки 18.04.01 – Химическая технология
	Магистерская программа – «Технология функциональных материалов электроники и фотоники»
	Кристаллохимические особенности конструирования современных материалов фотоники, nano- и микроэлектроники
Билет № __ 1. Влияние выбора метода формования на структуру и свойства получаемого изделия 2. Преимущества и недостатки фотостереолитографии 3. Ультрадисперсный nanoалмазграфит - области применения, состав и структура материала	

«Утверждаю» Руководитель программы _____ И.Х. Аветисов (Подпись) (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра Химии и Технологии Кристаллов
	Направление подготовки 18.04.01 – Химическая технология
	Магистерская программа – «Технология функциональных материалов электроники и фотоники»
	Кристаллохимические особенности конструирования современных материалов фотоники, nano- и микроэлектроники
Билет № __ 1 Технологии литья под давлением при производстве современных материалов и фотоники, nano- и микроэлектроники. 2. Технологии лазерного спекания (SLS и DMLS). 3. Существующие и перспективные области применения прозрачных поликристаллических материалов.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Максимов А.И., Мошников В.А., Таиров Ю.М., Шилова О.А. Золь-гель технология микро- и нанокompозитов: Учебное пособие/ Под ред. ОА Шиловой //СПб.: Издательство «Лань». – 2013. – 304 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/12939/#1>

Б. Дополнительная:

1. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. - М. : "Физматлит", 2009. - 414 с. :
2. Борисенко В. Е., Воробьева А. И., Уткина Е. А.. Нанoeлектроника: учебное пособие /- М. : Бином, 2009. - 223 с
3. Беляков А. В. Методы получения наноразмерных порошков из неорганических неметаллических материалов: учеб. Пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2011. 192 с.
4. Наноматериалы и нанотехнологии/ под ред. В. Е. Борисенко и Н. К. Толочко. Минск: Изд. центр БГУ, 2008. 375 с.
5. Степаненко И. П. Основы микроэлектроники [Текст] : учебное пособие для вузов / И. П. Степаненко. - 2-е изд. - М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2000. - 488 с.
6. Беляков А. В., Жариков Е. В., Малыгин А. А. Химические основы нанотехнологии твердофазных материалов различного функционального назначения: учеб. пособие. СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2006. 103 с.
7. Сергеев Г. Б. Нанохимия: учебное пособие. - М. : КДУ, 2007. - 333 с.

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

- European Journal of Inorganic Chemistry Print ISSN: 1434-1948, Online ISSN: 1099-0682
- «Перспективные материалы» ISSN PRINT: 2075-1133, ISSN ONLINE: 2075-115X
- Journal of Crystal Growth ISSN 0022-0248
- Crystal Research and Technology Print ISSN: Previously 0232-1300 Online ISSN: 1521-4079
- «Журнал неорганической химии» ISSN (PRINT): 0044-457X
- Journal of Non-Crystalline Solids. ISSN: 0022-3093
- Ресурсы ELSEVIER: www.sciencedirect.com

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- Сайт о нанотехнологиях в России [Электронный ресурс]: www.nanoware.ru
- Нанотехнологическое сообщество [Электронный ресурс]: www.nanometer.ru
- Интернет-журнал о нанотехнологиях. [Электронный ресурс]: www.nanodigest.ru

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций и практических занятий – 18;
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 88).

Для освоения дисциплины используются следующие нормативные и нормативно- методические документы (обновить даты обращения):

– Федеральный закон Российской Федерации от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102162745&intelsearch=273-%D4%C7> (дата обращения: 12.04.2023).

– Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования // Координационный совет учебно-методических объединений и научно- методических советов высшей школы. Портал Федеральных образовательных стандартов высшего образования [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fgosvo.ru/fgosvo/93/91/5> (дата обращения: 12.04.2023).

– Приказ Министерства образования и науки РФ от 23.08.2017 № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102447332&intelsearch=816+%EF%F0%E8%EA%E0%E7> (дата обращения: 12.04.2023).

При освоении дисциплины студенты должны использовать информационные и информационно-образовательные ресурсы следующих порталов и сайтов:

– Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.openedu.ru> (дата обращения: 12.04.2023).

– Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 12.04.2023).

– ФЭПО: соответствие требованиям ФГОС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fepo.i-exam.ru/> (дата обращения: 12.04.2023).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам. Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и

сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине **«Кристаллохимические особенности конструирования современных материалов и устройств фотоники, нано- и микроэлектроники»** проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы студентов магистратуры.

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине **«Современные методы характеристики и контроля качества монокристаллических и нано-структурированных материалов и пленочных структур технического и ювелирного назначения»** проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося в магистратуре.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для обучающихся, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Модели молекул и кристаллов для демонстрации типов колебаний при составлении колебательного представления в методах спектроскопии КР и ИК.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; раздаточный материал к практическим занятиям по дисциплине; альбомы и рекламные проспекты с основными видами и характеристиками приборов и материалов электронной техники, фотоники и квантовой электроники.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде по строению и свойствам материалов электронной техники; электронная картотека по рентгенофазовому анализу; электронная картотека по фазовым диаграммам состояния; кафедральные библиотеки электронных изданий.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Операционная система Microsoft Windows 10 Education (Russian)	Подписка Microsoft Azure Dev Tools for Teaching , соглашение от 31.01.2019 ИСМ-169788, номер подписки IM91021, действительно до 30.01.2021, счет от 31.01.2019 № 9552830795	Подписка не подразумевает количества лицензий	30.01.2021
2	Microsoft Visio Professional 2019 (Russian)	Подписка Microsoft Azure Dev Tools for Teaching , соглашение от 31.01.2019 ИСМ-169788, номер подписки IM91021, действительно до 30.01.2021, счет от 31.01.2019 № 9552830795	Подписка не подразумевает количества лицензий	30.01.2021

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1 Основные виды и принципы формования материалов и изделий фотоники нано- и микроэлектроники	знает: – основные направления в производстве современных материалов и устройств фотоники, нано- и микроэлектроники; – теоретические основы научных направлений конструирования современных материалов и устройств фотоники, нано- и микроэлектроники; – основные принципы методов исследования материалов фотоники, нано- и микроэлектроники; – физическую и химическую сущность процессов и явлений, протекающих в материалах и устройствах фотоники, нано- и микроэлектроники, как при их получении так и в ходе эксплуатации. умеет: – правильно использовать закономерности для реализации потенциальных возможностей исходных компонентов и оборудования при проектировании и создании современных материалов	Оценка за контрольную работу №1 (1 семестр) Оценка Зачет с оценкой (1 семестр)

	фотоники, нано- и микроэлектроники; – применять знания для разработки структуры, закономерностей развития и устойчивости производства компонентов фотоники нано- и микроэлектроники; – планировать и реализовывать исследования материалов фотоники и микроэлектроники, использовать результаты исследований в профессиональной деятельности; – уметь использовать полученные знания для лучшего усвоения смежных дисциплин специализации на этапе обучения для выбора оптимальных технологических решений в будущей исследовательской работе. владеет: – информацией о современных тенденциях развития систем фотоники, нано- и микроэлектроники для создания материалов и устройств с улучшенными физико-техническими характеристиками; – навыками использования знаний о структуре и свойствах современных материалов и особенностях конструирования устройств для фотоники, микро- и наноэлектроники в будущей исследовательской работе	
Раздел 2. Новейшие методы конструирования современных материалов и устройств фотоники, нано- и микроэлектроники	знает: – основные направления в производстве современных материалов и устройств фотоники, нано- и микроэлектроники; – теоретические основы научных направлений конструирования современных материалов и устройств фотоники, нано- и микроэлектроники; – основные принципы методов исследования материалов фотоники, нано- и микроэлектроники; – физическую и химическую сущность процессов и явлений, протекающих в материалах и устройствах фотоники, нано- и микроэлектроники, как при их получении так и в ходе эксплуатации. умеет: – правильно использовать закономерности для реализации потенциальных возможностей исходных компонентов и оборудования при проектировании и создании современных материалов	Оценка за контрольную работу №1 (1 семестр) Оценка Зачет с оценкой (1 семестр)

	фотоники, нано- и микроэлектроники; – применять знания для разработки структуры, закономерностей развития и устойчивости производства компонентов фотоники нано- и микроэлектроники; – планировать и реализовывать исследования материалов фотоники и микроэлектроники, использовать результаты исследований в профессиональной деятельности; – уметь использовать полученные знания для лучшего усвоения смежных дисциплин специализации на этапе обучения для выбора оптимальных технологических решений в будущей исследовательской работе. владеет: – информацией о современных тенденциях развития систем фотоники, нано- и микроэлектроники для создания материалов и устройств с улучшенными физико-техническими характеристиками; – навыками использования знаний о структуре и свойствах современных материалов и особенностях конструирования устройств для фотоники, микро- и наноэлектроники в будущей исследовательской работе	
Раздел 3. Новейшие материалы для изделий современной фотоники микро- и наноэлектроники	знает: – основные направления в производстве современных материалов и устройств фотоники, нано- и микроэлектроники; – теоретические основы научных направлений конструирования современных материалов и устройств фотоники, нано- и микроэлектроники; – основные принципы методов исследования материалов фотоники, нано- и микроэлектроники; – физическую и химическую сущность процессов и явлений, протекающих в материалах и устройствах фотоники, нано- и микроэлектроники, как при их получении так и в ходе эксплуатации. умеет: – правильно использовать закономерности для реализации потенциальных возможностей исходных компонентов и оборудования при проектировании и	Оценка за контрольную работу №1 (1 семестр) Оценка Зачет с оценкой (1 семестр)

	создании современных материалов фотоники, нано- и микроэлектроники; – применять знания для разработки структуры, закономерностей развития и устойчивости производства компонентов фотоники нано- и микроэлектроники; – планировать и реализовывать исследования материалов фотоники и микроэлектроники, использовать результаты исследований в профессиональной деятельности; владеет: – информацией о современных тенденциях развития систем фотоники, нано- и микроэлектроники для создания материалов и устройств с улучшенными физико-техническими характеристиками; – навыками использования знаний о структуре и свойствах современных материалов и особенностях конструирования устройств для фотоники, микро- и наноэлектроники в будущей исследовательской работе	

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);
- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;
- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Кристаллохимические особенности конструирования современных материалов
фотоники, нано- и микроэлектроники»
основной образовательной программы
18.04.01 Химическая технология
магистерская программа
«Технология функциональных материалов электроники и фотоники»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Методы исследования и проектирования структуры и свойств поверхности
материалов электроники»**

Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология

**Магистерская программа – «Технология функциональных материалов
электроники и фотоники»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена к.х.н., доцентом, доцентом кафедры коллоидной химии
О.В. Яровой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Коллоидной химии «27» июня 2025 г., протокол № 14

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология, накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой коллоидной химии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина «Методы исследования и проектирования структуры и свойств поверхности материалов электроники» относится к вариативной части обязательных дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общей, неорганической, физической и коллоидной химии.

Цель дисциплины - получение дополнительных знаний о подходах к исследованию свойств поверхности; получение умений в области прогнозирования свойств поверхности, и формирование компетенций в области проектирования структуры и свойств поверхности твердых тел. Программа включает в себя углубленное изучение экспериментальных и теоретических методов исследования процессов, происходящих на границах раздела фаз твердое-газ и твердое-жидкость, и методов определения свойств реальных поверхностей.

Задачи дисциплины - показать взаимосвязь основных коллоидно-химических свойств систем с технологическими характеристиками различных материалов; выработать у студентов навыки применения имеющихся знаний к выбору методов исследования, выбору современного оборудования и подходов к прогнозированию свойств поверхности; ознакомить со сведениями о различиях в строении различных типов поверхности; с основными методами получения атомарно-чистых поверхностей, основными особенностями современных установок для получения атомарно-чистых поверхностей; с методами оценки величины поверхностной энергии твердых тел; ознакомить с закономерностями смачивания идеальных и реальных твердых тел жидкостями, в том числе, с закономерностями условно-химического смачивания расплавами металлов и оксидов, с особенностями оборудования для определения краевых углов на реальных поверхностях; углубить знания о расчете молекулярной и электростатической составляющей расклинивающего давления при взаимодействии частиц различной формы и природы; ознакомить с современными представлениями о структурной составляющей расширенной теории ДЛФО; выработать у студентов навыки прогнозирования процессов, происходящих в системе, на основе анализа потенциальных кривых.

Дисциплина «Методы исследования и проектирования структуры и свойств поверхности материалов электроники» преподается в 2 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в	ПК-2. Способен к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и	ПК-2.1. Знает алгоритм поиска, оценки и анализа научно-технической информации.	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и
			ПК-2.2. Умеет обобщать и систематизировать научно-техническую информацию	

техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	средств решения задачи	ПК-2.3. Владеет навыками соотнесения результатов собственной научной работы с отечественным и зарубежным опытом по тематике исследования	социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6).

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- современные научные достижения и перспективные направления работ, посвященных методам исследования и проектирования основных свойств поверхности;
- основные подходы к определению поверхностной энергии и поверхностного натяжения на различных границах раздела фаз;
- возможности и ограничения современного оборудования для экспериментального определения свойств реальных поверхностей;
- основные направления развития теории ДЛФО и области ее применимости для оценки и прогнозирования свойств поверхности.

Уметь:

- проводить анализ научно-технической литературы, посвященной современным теоретическим подходам и экспериментальным методам исследования структуры и свойств поверхности;
- планировать экспериментальные работы для определения основных свойств поверхности;
- использовать современные представления теории ДЛФО для оценки и прогнозирования поведения систем, не содержащих дополнительных модификаторов поверхности.

Владеть:

- методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами для самостоятельного поиска необходимой информации о теоретических и научно-исследовательских достижениях в данной области знаний;
- методами определения основных свойств поверхности с учетом возможностей современного оборудования;
- методами оценки и прогнозирования поведения систем, не содержащих дополнительных модификаторов поверхности.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	2	72	54
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,944	34	25,5
Лекции	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	0,944	34	25,5
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
Самостоятельная работа	1,056	37,8	28,35
Контактная самостоятельная работа (<i>АттК из УП для зач / зач с оц.</i>)	1,056	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		19,8	14,85
Реферат		18	13,5
Вид контроля:			
Экзамен (если предусмотрен УП)	-	-	-
Контактная работа – промежуточная аттестация	-	-	-
Подготовка к экзамену.		-	-
Вид итогового контроля:	Зачет		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Сам. работа
1.	Раздел 1. Взаимосвязь технологических характеристик поверхности твердых тел с их коллоидно-химическими свойствами	6	-	-	-	2	-	-	-	4
2.	Раздел 2. Поверхностная энергия твердых тел.	20	-	-	-	10	-	-	-	10
3.	Раздел 3. Смачивание идеальных и реальных твердых тел жидкостями.	20	-	-	-	10	-	-	-	10
4.	Раздел 4. Теория ДЛФО как метод оценки и прогнозирования свойств поверхности.	26	-	-	-	12	-	-	-	14
	ИТОГО	72	-		-	34	-	--	-	38
	Экзамен	-								
	ИТОГО	72								

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Взаимосвязь технологических характеристик поверхности твердых тел с их коллоидно-химическими свойствами

Требования, предъявляемые к твердым поверхностям материалов и изделий в различных отраслях промышленности. Взаимосвязь технологических характеристик поверхности изделий с основными коллоидно-химическими свойствами материалов: переход от свойств поверхности изделия к свойствам поверхности материала и далее к характеристикам поверхностного слоя. Поверхностные явления: адгезия, адсорбция, смачивание, электроповерхностные свойства твердых тел, и их влияние на характеристики изделия. Краткий обзор методов исследования основных коллоидно-химических свойств материалов.

Раздел 2. Поверхностная энергия твердых тел

Поверхностная энергия твердых тел. Классификация поверхностей: идеальная, атомарно-чистая, реальная. Методы получения атомарно-чистых поверхностей. Современное оборудование для получения атомарно-чистых поверхностей. Реальные поверхности. Методы оценки величины поверхностной энергии твердых тел на основе теоретических и экспериментальных данных.

Раздел 3. Смачивание идеальных и реальных твердых тел жидкостями

Смачивание идеальных и реальных твердых тел жидкостями. Методы исследования шероховатости поверхности. Влияние шероховатости поверхности на процессы смачивания. Гетерогенные поверхности, влияние природы и размеров химической неоднородности на смачивание. Особенности экспериментального определения свойств гетерогенных поверхностей. Некоторые закономерности условно-химического смачивания расплавами металлов и расплавами оксидов. Экспериментальные и теоретические методы оценки краевых углов при смачивании твердых поверхностей расплавами.

Раздел 4. Теория ДЛФО как метод оценки и прогнозирования свойств поверхности

Основные составляющие расклинивающего давления в соответствии с современными представлениями теории ДЛФО. Молекулярная составляющая расклинивающего давления. Микроскопическая теория молекулярных сил Гамакера, макроскопическая теория Лифшица. Расчет сложной константы Гамакера, зависимость ее величины от природы дисперсной фазы и дисперсионной среды. Экспериментальные методы определения константы Гамакера. Ионно-электростатическая (электростатическая) составляющая расклинивающего давления. Уравнения для расчета энергии электростатического взаимодействия между частицами различной природы с учетом их формы. Экспериментальные методы определения величин, необходимых для расчета. Возможные способы регулирования электростатического взаимодействия частиц путем введения электролитов и изменения рН дисперсионной среды. Структурная составляющая расклинивающего давления. Структура сольватных слоев на гидрофильных и гидрофобных поверхностях. Варианты энергетических кривых взаимодействия частиц. Прогнозирование процессов, происходящих в системе, на основе анализа потенциальных кривых.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать: (перечень из п.2)				
1	- современные научные достижения и перспективные направления работ, посвященных методам исследования и проектирования основных свойств поверхности	+	+	+	+
2	– основные подходы к определению поверхностной энергии и поверхностного натяжения на различных границах раздела фаз		+	+	
3	– возможности и ограничения современного оборудования для экспериментального определения свойств реальных поверхностей	+	+	+	
4	– основные направления развития теории ДЛФО и области ее применимости для оценки и прогнозирования свойств поверхности				+
	Уметь: (перечень из п.2)				
5	– проводить анализ научно-технической литературы, посвященной современным теоретическим подходам и экспериментальным методам исследования структуры и свойств поверхности	+	+	+	+
6	– планировать экспериментальные работы для определения основных свойств поверхности		+	+	+
7	– использовать современные представления теории ДЛФО для оценки и прогнозирования поведения систем, не содержащих дополнительных модификаторов поверхности	+			+
	Владеть: (перечень из п.2)				
8	– методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами для самостоятельного поиска необходимой информации о теоретических и научно-исследовательских достижениях в данной области знаний	+	+	+	+
9	– методами определения основных свойств поверхности с учетом возможностей современного оборудования	+	+	+	
10	– методами оценки и прогнозирования поведения систем, не содержащих дополнительных модификаторов поверхности			+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие (какие) компетенции и индикаторы их достижения: (перечень из п.2)					

	Код и наименование ПК (перечень из п.2)	Код и наименование индикатора достижения ПК (перечень из п.2)	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
11	ПК-2. Способен к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи	ПК-2.1. Знает алгоритм поиска, оценки и анализа научно-технической информации.	+	+	+	+
		ПК-2.2. Умеет обобщать и систематизировать научно-техническую информацию	+	+	+	+
		ПК-2.3. Владеет навыками соотнесения результатов собственной научной работы с отечественным и зарубежным опытом по тематике исследования	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Взаимосвязь технологических характеристик поверхности изделий с основными коллоидно-химическими свойствами материалов. Краткий обзор методов исследования основных коллоидно-химических свойств материалов.	2
2	1	Современное оборудование для исследования пористых характеристик материалов методом низкотемпературной адсорбции азота.	2
3	2	Методы получения атомарно-чистых поверхностей. Современное оборудование для получения атомарно-чистых поверхностей.	2
4	2	Методы оценки величины поверхностной энергии твердых тел на основе теоретических и экспериментальных данных.	6
5	3	Основные закономерности смачивания идеальных и реальных твердых тел жидкостями.	6
6	3	Некоторые закономерности условно-химического смачивания расплавами металлов и расплавами оксидов.	2
7	3	Экспериментальные и теоретические методы оценки краевых углов при смачивании твердых поверхностей расплавами.	2
8	4	Молекулярная составляющая расклинивающего давления. Микроскопическая теория молекулярных сил Гамакера, макроскопическая теория Лифшица.	2
9	4	Расчет сложной константы Гамакера, зависимость ее величины от природы дисперсной фазы и дисперсионной среды. Экспериментальные методы определения константы Гамакера.	2
10	4	Ионно-электростатическая (электростатическая) составляющая расклинивающего давления. Уравнения для расчета энергии электростатического взаимодействия между частицами различной природы с учетом их формы. Возможные способы регулирования электростатического взаимодействия частиц путем введения электролитов и изменения pH дисперсионной среды.	2
11	4	Структурная составляющая расклинивающего давления. Структура сольватных слоев на гидрофильных и гидрофобных поверхностях.	2
12	4	Варианты энергетических кривых взаимодействия частиц. Прогнозирование процессов, происходящих в системе, на основе анализа потенциальных кривых. Экспериментальные методы определения величин, необходимых для расчета.	4

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала и подготовку к выполнению контрольных работ по разделам дисциплины;
- подготовку реферата на заданную тему;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы и работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня;
- участие в семинарах РХТУ им. Д.И. Менделеева по тематике дисциплины.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и оценки за реферативно-аналитическую работу (максимальная оценка 40 баллов). Реферат защищается в виде доклада с презентацией, после которой докладчик отвечает на вопросы аудитории. Максимальная оценка за составление и содержание реферата составляет 20 баллов, за доклад и ответы на вопросы – 20 баллов.

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

В процессе самостоятельной работы студенты готовят реферат, посвященный особенностям и возможностям установки, используемой для получения и изучения атомарно-чистых поверхностей или изучения смачивания реальных поверхностей, в том числе, смачивания расплавами.

Тему реферата студент может выбрать самостоятельно, основываясь на собственных научных интересах.

Примеры тем рефератов:

- Выращивание сверхтонких пленок Si с использованием сверхвысоковакуумной установки серии «Катунь»;
- Нанесение наноструктурированных покрытий на кремниевые подложки с помощью вакуумно-технологической установки серии «Caroline»;
- Расчет свободной энергии поверхности при помощи приборов серии DSA «Kruss»;
- Построение энергетической карты поверхности при помощи приборов серии OCA «DataPhysicsInstrumentsGmbH»;
- Изучение гистерезиса смачивания расплавов при помощи приборов серии DSAHT «Kruss»;

Максимальная оценка за реферат составляет 40 баллов.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольные работы. Изучение материала каждого двух разделов заканчивается контролем его освоения в форме контрольной работы. Максимальная оценка за контрольные работы 1 и 2 составляет по 30 баллов за каждую. Каждая контрольная работа содержит по 2 вопроса, ответ на каждый вопрос оценивается в 15 баллов.

Разделы 1-3. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 15 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1.

1. Требования, предъявляемые к твердым поверхностям материалов и изделий в различных отраслях промышленности.
2. Основные методы исследования основных коллоидно-химических свойств материалов.
3. Взаимосвязь технологических характеристик поверхности изделий с основными коллоидно-химическими свойствами материалов.
4. Поверхностная энергия твердых тел. Классификация поверхностей: идеальная, атомарно-чистая, реальная.
5. Методы получения атомарно-чистых поверхностей. Современное оборудование для получения атомарно-чистых поверхностей.
6. Реальные поверхности. Методы оценки величины поверхностной энергии твердых тел на основе теоретических и экспериментальных данных.

Вопрос 1.2.

1. Смачивание реальных твердых тел. Неоднородность поверхности реальных твердых тел. Гистерезис смачивания. Углы натекания и оттекания. Определение равновесных углов смачивания по величинам углов натекания и оттекания.
2. Влияние шероховатости поверхности на процессы смачивания. Количественная оценка шероховатости поверхности, коэффициент шероховатости.
3. Смачивание неоднородных поверхностей. Гидрофильно-гидрофобная мозаичность поверхности и методы ее оценки. Смачивание при малых размерах неоднородностей. Влияние соотношения площадей гидрофильных и гидрофобных участков поверхности на величины углов натекания и оттекания.
4. Классификация видов смачивания по природе сил взаимодействия между молекулами жидкости и твердого тела. Классификация твердых тел по величинам поверхностных натяжений. Признаки смачивания (уравнивания полярностей и подобия природы твердого тела и жидкости). Закономерности условно-химического смачивания.
5. Критическое натяжение смачивания, его экспериментальное определение. Какие допущения принимаются при этом?
6. Кинетика поднятия жидкости в капиллярах, уравнение Уошберна, его анализ. Влияние формы сечения капилляра на кинетику поднятия жидкости. Управление процессами пропитывания.

Раздел 4. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 15 баллов за вопрос.

Вопрос 2.1.

1. Причины агрегации частиц дисперсной фазы в порошках.

2. Природа составляющих расклинивающего давления. Уравнение энергии молекулярного притяжения (U_m), его анализ, физический смысл сложной константы Гамакера. От чего зависит ее величина?

3. Экспериментальные методы определения константы Гамакера.

4. Экспериментальные методы определения величин, необходимых для расчета ионно-электростатической (электростатическая) составляющей расклинивающего давления.

5. Взаимодействие разноименно заряженных частиц. Явления гетерокоагуляции и гетероадагуляции, их возможное практическое применение.

6. Строение слоев воды на гидрофильных поверхностях. Уравнение для расчета U_s , его анализ, физический смысл величин, входящих в уравнение. Возможности регулирования величины U_s .

Вопрос 2.2.

1. Возможные варианты энергетических кривых взаимодействия частиц. При каких условиях реализуется тот или иной вариант $U(H)$? Изменением каких параметров системы можно перейти от одного варианта взаимодействия частиц к другому?

2. В каких условиях в дисперсных системах при взаимодействии частиц на всех расстояниях между ними могут преобладать силы притяжения (1-й вариант энергетических кривых)? Какие контакты между частицами формируются при этом?

3. Изменением каких параметров в ионостабилизированных системах можно перейти от 2-го типа энергетических кривых к 3-ему и 1-ому (теория ДЛФО)?

4. Экспериментальные методы оценки агрегативной устойчивости дисперсных систем (метод предельных седиментационных объемов, определение степени (коэффициента) агрегации частиц, реологический метод).

5. Причины агрегации частиц дисперсной фазы в порошках.

6. Каким образом можно обеспечить седиментационную устойчивость суспензий с микро- и грубодисперсными наполнителями?

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (зачет)

Итоговый контроль по дисциплине не предусмотрен.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета

Итоговый контроль по дисциплине не предусмотрен.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1.Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Сумм, Б.Д. Коллоидная химия / Б.Д. Сумм. - М.: Academia, 2017. - 416 с.
2. Коллоидная химия. Практикум и задачник: учебное пособие для вузов / В. В. Назаров, А. С. Гродский, Н. А. Шабанова [и др.] ; Под редакцией проф. В. В. Назарова и доц. А. С. Гродского. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 436 с.
3. Малкин А. Я. Основы реологии / А. Я. Малкин. — Санкт-Петербург : Профессия, 2018. — 331 с.

Б. Дополнительная литература

1. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. М.: ООО ТИД «Альянс», 2004. - 464 с.
2. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности. М.: Интеллект, 2011. - 568 с.
3. Израелашвили Дж. Межмолекулярные и поверхностные силы /Джейкоб Израелашвили// пер. с английского И.М. Охапкина и К.Б. Зельдович; научный редактор - И.В. Яминский. - М.: Научный мир, 2011. 456 стр.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Научно-технические журналы:

Научно-технические журналы:

- Реферативный журнал «Химия» (РЖХ);
- «Коллоидный журнал»;
- «Журнал общей и неорганической химии»;
- «Физико-химия поверхности»;
- «Кристаллография»;
- «Перспективные материалы»;
- «Физика и химия стекла»;
- «Стекло и керамика»;
- «Техника и технология силикатов»;
- «Неорганические материалы»;
- «Химическая промышленность сегодня»;
- «Журнал неорганической химии».

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет

- Издательство ELSEVIER на платформе ScienceDirect
<http://www.sciencedirect.com>.
- Издательство American Chemical Society (ACS)
<http://pubs.acs.org>.
- Международная издательская компания NaturePublishingGroup (NPG)
<http://www.nature.com>.
- Издательство Wiley-Blackwell
<http://www.interscience.wiley.com>.
- Издательство SPRINGER
<http://www.springerlink.com>.
- Журнал SCIENCE
<http://www.science.com>
- Российская научная электронная библиотека
<http://www.elibrary.ru>

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины: компьютерные презентации интерактивных лекций – 3, (общее число слайдов – 73).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

№	Электронный ресурс	Реквизиты договора (номер, дата заключения, срок действия), ссылка на сайт ЭБС, сумма договора, количество ключей	Характеристика библиотечного фонда, доступ к которому предоставляется договором
1	Электронно-библиотечная система ИБЦ РХТУ им. Д.И.Менделеева (на базе АИБС «Ирбис»)	Принадлежность – собственная РХТУ. Ссылка на сайт ЭБС – http://lib.muctr.ru/ Доступ для пользователей РХТУ с любого компьютера	Электронные версии учебных и научных изданий авторов РХТУ по всем ООП.
2.	CAS SciFinder Discovery Platform	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 05.05.2025 г. № 327 С 01.01.2025.г. до 30.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://scifinder-n.cas.org	CAS SciFinder Discovery Platform - платформа, созданная Chemical Abstracts Service подразделением Американского химического общества. CAS SciFinder -

		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен.	онлайн-сервис, обеспечивающий поиск и анализ информации в области химии, биохимии, фармацевтики, генетики, химической инженерии, материаловедения, нанотехнологий, физики, геологии, металлургии и других смежных дисциплин.
3.	Wiley Journals Database	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 05.05.2025 г. № 326, 329 С 01.01.2025.г. до 30.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://onlinelibrary.wiley.com Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа: https://www.wiley.com/en-us/customer-success/brightcove-research-training/how-to-access-wiley-online-library-content-remotely	John Wiley & Sons, Inc. – крупнейшее академическое издательство с мультидисциплинарным контентом. В портфолио издательства более 1600 научных рецензируемых журналов, 22 000 книг и монографий, а также 250 справочников и энциклопедий. Wiley Journal Database и Wiley Journal Backfiles – полнотекстовые коллекции, которые включают в себя как текущие, так и архивные выпуски из более чем 1700 журналов издательства, охватывающие такие области как гуманитарные, естественные, общественные и

			технические науки, а также сельское хозяйство, медицину и здравоохранение. Глубина доступа: 1997 - 2004 гг. (до 30.06.2025 г.); 2025 г. (бессрочно)
4.	Questel. База данных Orbit Premium edition	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 25.04.2025 г. № 310 С 01.01.2025 г. до 30.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://www.orbit.com Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Удаленный доступ к ресурсу только через SAML (Security Assertion Markup Language) аутентификацию.	Orbit Premium edition (Orbit Intelligence Premium) – база данных патентного поиска, объединяющая информацию о более чем 122 миллионах патентных публикаций, полученную из 120 международных патентных ведомств, включая РосПатент, Всемирную организацию интеллектуальной собственности (ВОИС), Европейскую патентную организацию. База включает не только зарегистрированные патенты, но и документы от стадии заявки до регистрации. Большинство документов содержат аннотации на английском языке, полные

			тексты документов приводятся на языке оригинала.
5.	Электронные ресурсы издательства SAGE Publications eBook Collections	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 30.10.2022 г. № 1403 С 01.11.2022.г. – бессрочно Ссылка на сайт – https://sk.sagepub.com/books/discipline Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен.	eBook Collections - полнотекстовая коллекция электронных книг (монографий) издательства SAGE Publications по различным областям знаний. Глубина доступа: 1984 - 2021 гг.

6.	World Scientific Publishing Co Pte Ltd. База данных World Scientific Complete eJournal Collection	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 15.06.2023 г. № 883 С 01.11.2022.г. до 01.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://www.worldscientific.com Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен	World Scientific Complete eJournal Collection – мультидисциплинарная полнотекстовая коллекция журналов международного научного издательства World Scientific Publishing, которая охватывает такие тематики, как математика, физика, компьютерные науки, инженерное дело, науки о жизни, медицина и социальные науки. Особое внимание в коллекции уделено исследованиям Азиатско-тихоокеанского региона, которые объединены в группу журналов Asian Studies. Глубина доступа: 2001 – 2025 гг.
7.	Электронные ресурсы Springer Nature_	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 29.12.2022 г. № 1948 Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	Springer Journals – полнотекстовая политематическая коллекция журналов издательства Springer по различным отраслям знаний, которая включает более 2 900 наименований журналов по дисциплинам:

			Глубина доступа: 1997 - 2024 гг.
		Бессрочно Ссылка на сайт- https://www.nature.com	Nature Journals – полнотекстовая коллекция журналов издательства Nature Publishing Group, входящего в группу компаний Springer Nature, включающая журналы издательств Nature, Academic journals, Scientific American и Palgrave Macmillan. Глубина доступа: 2007 - 2024 гг.
		Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	Adis Journals – полнотекстовая коллекция журналов и информационных бюллетеней издательства Adis, размещенная на платформе Springer Nature. Коллекция включает 19 рецензируемых журналов по медицине, биомедицине и фармакологии. Глубина доступа: 2020 - 2024 гг.
		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства.	

8.	Электронные ресурсы Springer Nature_Physical Sciences & Engineering Package	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ)	1. Springer Journals – база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2024 г.), а именно тематические коллекции Physical Sciences & Engineering Package на платформе https://link.springer.com/
		Информационное письмо РФФИ от 20.03.2024 г. № 254	
		Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	
		Бессрочно	2. Nature Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы Nature Publishing Group, а именно Nature journals (год издания - 2024 г.) тематической коллекции Physical Sciences & Engineering Package на платформе: https://www.nature.co
		Ссылка на сайт- https://www.nature.com	
		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства.	
9.	Электронные ресурсы Springer Nature_Social Sciences Package	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ)	1. Springer Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2024 г.), а именно тематическую коллекцию Social Sciences Package
		Информационное письмо РФФИ от 20.03.2024 г. № 254	
		Бессрочно	
		Ссылка на сайт-	

		http://link.springer.com/	на платформе: https://link.springer.com/
		Бессрочно Ссылка на сайт- https://www.nature.com	2. Nature Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2034 г.), а именно тематическую коллекцию Social Sciences Package на платформе: https://link.springer.com/
		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства.	
10.	База данных 2021,2023 eBook Collectionsъ Springer Nature	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 02.08.2022 г. № 1045 Информационное письмо РФФИ от 29.12.2022 г. № 1947 Бессрочно Ссылка на сайт http://link.springer.com/ О настройках удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства. Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен.	Springer eBook Collections – полнотекстовая архивная коллекция электронных книг издательства Springer Nature на английском языке по различным отраслям знаний. Глубина доступа: 2005 - 2010 гг.; 2018 - 2024 гг.
11 ю	Электронны е ресурсы AIPP Digital Archive издательств а American	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 29.12.2022 г. № 1945	AIPP Journal Collection – база данных, содержащая архивную полнотекстовую

	Institute of Physics Publishing	Бессрочно Ссылка на сайт- https://scitation.org Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен	коллекцию из 29 журналов и сборников конференций издательства American Institute of Physics Publishing. в области прикладной физики и смежных областях знания. Глубина доступа: 1929-1998 гг.
12.	Электронные ресурсы AIPP E-Book Collection I + Collection II издательства American Institute of Physics Publishing	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 31.10.2022 г. № 1404 С 01.11.2022 г. – бессрочно Ссылка на сайт- https://scitation.org/ebooks Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен	AIPP Ebook Collection I + AIPP Ebook Collection II – полнотекстовые коллекции книг издательства American Institute of Physics Publishing в области прикладной и химической физики, биологии, энергетики, оптики, фотоники, материаловедения и нанотехнологий и др. Глубина доступа: 2020 - 2022 гг.
13.	Bentham Science Publishers База данных Journals	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 24.08.2022 г. № 1136 Бессрочно Ссылка на сайт – https://eurekaselect.com/bypublication С инструкцией по настройке удаленного доступа можно ознакомиться по ссылке	Bentham journal collection – полнотекстовая коллекция журналов издательства Bentham Science, которое публикует научные, технические и медицинские издания,

		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен.	охватывающие различные области от химии и химической технологии, инженерии, фармацевтических исследований и разработок, медицины до социальных наук. Глубина доступа: 2000 - 2021 гг. (до 01.06.2025 г.) ; 2022 - 2025 гг.
14.	Bentham Science Publishers База данных eBooks	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 08.09.2022 г. № 1217 Бессрочно Ссылка на сайт – https://eurekaselect.com/bybook Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен.	Books – полнотекстовая коллекция электронных книг издательства Bentham Science Publishers, в которую включены издания по следующим областям науки: химия, физика, материаловедение, астрономия, оптика, фотоника, энергетика, инженерия, математика, статистика, информатика и вычислительная техника, медицина, фармакология, окружающая среда, бизнес, экономика, финансы и др. Глубина доступа: 2004 -

			2022 гг.
15.	EBSCO eBook	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 28.04.2023 г. № 708 Бессрочно Ссылка на сайт – https://web.p.ebscohost.com/ehost/search/basic?vid=0&sid=d6f3a513-2512-4b52-bd8c-4ff40c184aed%40redis Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Удаленный доступ по индивидуальной регистрации.	EBSCO eBooks – полнотекстовая междисциплинарная коллекция, которая включает более 5000 электронных книг от ведущих научных и университетских издательств и охватывает широкий спектр тем: бизнес, всемирная история, инженерия, литературоведение, медицина, образование, политология, религия, социальные науки, технологии, философия, экономика, языкознание и др. Глубина доступа: 2011 - 2023 гг.

16.	Научные журналы РАН	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 29.10.2024 г. № 1080 Бессрочно Ссылка на сайт – https://journals.rcsi.science/ Доступ осуществляется на основе IP-адресов университета и персональной регистрации	Полнотекстовая коллекция журналов Российской академии наук включает 141 наименование журналов, охватывающих различные научные специальности. Глубина доступа: 2023-2025 Бессрочно

Бесплатные архивные коллекции, приобретенные Минобрнауки для вузов.

[Архив Издательства American Association for the Advancement of Science. Пакет «Science Classic» 1880-1996](#)

[Архив Издательства Annual Reviews. Пакет «Full Collection» 1932-2005](#)

[Архив издательства Института физики \(Великобритания\). Пакет «Historical Archive 1874-1999» с первого выпуска каждого журнала по 1999, 1874-1999](#)

[Архив издательства Nature Publishing Group. Пакет «Nature» с первого выпуска первого номера по 2010, 1869-2010](#)

[Архив издательства Oxford University Press. Пакет «Archive Complete» с первого выпуска каждого журнала по 1995, 1849-1995](#)

[Архив издательства Sage. Пакет «2010 SAGE Deep Backfile Package» с первого выпуска каждого журнала по 1998, 1890-1998](#)

[Архив издательства Taylor & Francis. Full Online Journal Archives. с первого выпуска каждого журнала по 1996, 1798-1997](#)

[Архив издательства Cambridge University Press. Пакет «Cambridge Journals Digital Archive \(CJDA\)» с первого выпуска каждого журнала по 2011, 1827-2011](#)

[Архив журналов Королевского химического общества\(RSC\). 1841-2007](#)

Бесплатные официальные открытые ресурсы Интернет:

1. Directory of Open Access Journals (DOAJ) <http://doaj.org/>
Ресурс объединяет более 10000 научных журналов по различным отраслям знаний (около 2 миллионов статей) из 134 стран мира.
2. Directory of Open Access Books (DOAB) <https://www.doabooks.org/>
В базе размещено более 3000 книг по различным отраслям знаний, предоставленных 122 научными издательствами.
3. BioMed Central <https://www.biomedcentral.com/> База данных включает более 300 рецензируемых журналов по биомедицине, медицине и естественным наукам. Все статьи, размещенные в базе, находятся в свободном доступе.
3. Электронный ресурс arXiv <https://arxiv.org/>

Крупнейшим бесплатным архивом электронных научных публикаций по разделам физики, математики, информатики, механики, астрономии и биологии. критериев.

4. Коллекция журналов MDPI AG <http://www.mdpi.com/>

Многодисциплинарный цифровой издательский ресурс выпускает более 120 разнообразных электронных журналов, находящихся в открытом доступе.

5. Издательство с открытым доступом InTech <http://www.intechopen.com/>

Первое и крупнейшее в мире издательство, публикующее книги в открытом доступе, около 2500 научных изданий. Основная тематическая направленность - физические и технические науки, технологии, медицинские науки, науки о жизни.

6. База данных химических соединений ChemSpider

<http://www.chemspider.com/>

ChemSpider – это бесплатная химическая база данных, предоставляющая быстрый доступ к более чем 28 миллионам структур, свойств и соответственной информации. Ресурс принадлежит Королевскому химическому обществу Великобритании (Royal Society of Chemistry).

7. Коллекция журналов PLOS ONE <http://journals.plos.org/plosone/>

PLOS ONE – коллекция журналов, в которых публикуются отчеты о новых исследованиях в области естественных наук и медицины. рецензирование.

8. US Patent and Trademark Office (USPTO) <http://www.uspto.gov/>

Ведомство по патентам и товарным знакам США — USPTO — предоставляет свободный доступ к американским патентам, опубликованным с 1976 г. По настоящее время.

9. Espacenet - European Patent Office (EPO) <http://worldwide.espacenet.com/>

Патенты (либо патентные заявки) более 50 национальных и нескольких международных патентных бюро, в том числе полные тексты патентов США, России, Франции, Японии и др.

10. Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС)

http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru

Информационные ресурсы ФИПС свободного доступа:

- Электронные бюллетени. Изобретения. Полезные модели.
- Открытые реестры российских изобретений и заявок на изобретения.
- Рефераты российских патентных документов за 1994–2016 гг.
- Полные тексты российских патентных документов из последнего

официального бюллетеня

11. The Association for Computing Machinery (ACM) – международное некоммерческое профессиональное сообщество, основанное в 1947 году, объединяющее преподавателей, исследователей и специалистов в области вычислительной техники, информационных и компьютерных технологий. Ссылка на ресурс: <https://dl.acm.org>
Ссылка на раздел Open access: <https://www.acm.org/publications/openaccess>

12. Annual Reviews – некоммерческая академическая издательская компания, выпускающая журналы с 1932 года.

В портфолио издательства 51 журнал, тематика которых охватывает области естественных и социальных наук, наук о жизни, биомедицину, экономику и др.

Ссылка на ресурс: <https://www.annualreviews.org/>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.annualreviews.org/S2O>

13. Cambridge University Press – старейшее в мире университетское издательство, публикующее исследовательские работы, справочные и учебные материалы по широкому кругу дисциплин. Контент издательства представлен на онлайн-платформе Cambridge Core, на которой доступно 117 журналов и 372 книги открытого доступа, 317 журналов гибридного доступа.

Ссылка на ресурс: <https://www.cambridge.org/universitypress>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.cambridge.org/core/publications/open-access>

14. The Royal Society of Chemistry включает 12 журналов «золотого» открытого доступа, кроме того, все журналы общества являются гибридными и в них могут публиковаться материалы открытого доступа.

Журналы общества охватывают основные химические науки, включая смежные области, такие как биология, биофизика, энергетика и окружающая среда, машиностроение, материаловедение, медицина и физика.

Ссылка на ресурс: <https://pubs.rsc.org/en/journals?key=title&value=current>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.rsc.org/journals-books-databases/open-access/>

15. Taylor & Francis на сегодняшний день издательство выпускает около 180 журналов с полностью открытым доступом.

Ссылка на ресурс: <https://www.tandfonline.com/>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.tandfonline.com/openaccess/openjournals>

16. Издательство John Wiley & Sons, Inc. включает около 230 журналов «золотого» открытого доступа и более 1300 гибридных журналов.

Ссылка на ресурс:

<https://onlinelibrary.wiley.com/action/doSearch?AllField=&ConceptID=15941&startPage=>

Ссылка на раздел Open access: <https://authorservices.wiley.com/open-research/open-access/browse-journals.htm>

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Методы исследования и проектирования структуры и свойств поверхности функциональных материалов»* проводятся в форме лекций, лабораторных занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная традиционной учебной доской и/или электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для обучающихся, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

Учебные лаборатория поверхностных явлений и лаборатория дисперсных систем, оснащенные необходимой лабораторной мебелью, аквадистиллятором АЭ, сушилкой для пробирок и колб Stegler и установками, обеспечивающими выполнение лабораторных работ в соответствии с учебным планом.

Установки (приборы) для определения поверхностного и межфазного натяжений, установки для определения краевых углов, в том числе гониометры ЛК-1 с программным обеспечением для обработки данных, установки для определения критической концентрации мицеллообразования в растворах поверхностно-активных веществ, ионообменные колонки, установки для определения электрокинетического потенциала методом электрофореза, ротационные вискозиметры, капиллярные вискозиметры с насосом вакуумным N86 KN18.KNF, оптические микроскопы Биомед-5 с цифровой

камерой Livenhuk, спектрофотометры однолучевые СФ-102, фотометры фотоэлектрические КФК-3-01, рН-метры милливольтметры рН-420, весы порционные ANDHT-500, мешалка магнитная без подогрева ММ-135 Tagler, электрическая плитка IRITIR-8004, лабораторный высокоскоростной гомогенизатор-мешалка XNF-DYSTEGLER, кондуктометры, торсионные весы.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Учебно-наглядные пособия не предусмотрены

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедральная библиотека электронных изданий и диссертационных работ, выполненных аспирантами и сотрудниками кафедры.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	ABBYY FineReader 10 Professional Edition	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	20 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
2.	CorelDRAW Graphics Suite X5 Education License	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	5 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
3.	Управление проектами Project expert tutorial	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
4.	Неисключительная лицензия на использование SOLIDWORKS EDU Edition 2019-2020 Network - 200 Users	Контракт №28-35ЭА/2020 от	Сетевая лицензия на 200 пользователей	бессрочная

		26.05.2020		
5.	SolidWorks EDU Edition 2020-2021 Network - 200 U бессрочная sers	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	Сетевая лицензия на 200 пользователей	бессрочная
6.	Неисключительная лицензия на право использования Учебного комплекта Компас-3D v21 на 50 мест КТПП	Контракт №189-240ЭА/2023 от 15.01.2024	Учебный комплект программного обеспечения КОМПАС-3D v21 "Проектирование и конструирование в машиностроении" на 50 мест	бессрочная
7.	Среда разработки Delphi	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
8.	Среда разработки C++ Builder	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
9.	Среда разработки Simulink Control Design Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
10.	Система проектирования CA ErWin Modeling Suite Bundle	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
11.	OriginPro 8.1 Department Wide License	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
12.	Программа обработки экспериментальных данных BioOffice ultra	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
13.	Программа обработки экспериментальных данных Chemdraw pro	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная

14.	Программа обработки экспериментальных данных Chemdraw ultra	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
15.	MATLAB Academic new Product Group Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	3 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
16.	MATLAB Classroom Suite new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
17.	Instrument Control Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
18.	Image Processing Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
19.	Fuzzy Logic Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
20.	System Identification Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
21.	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
22.	Statistics Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
23.	Global Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
24.	Partial Differential Equation Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
25.	Optimization Toolbox Classroom	Контракт	25 лицензий для	бессрочная

	new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	№ 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	активации на рабочих станциях	
26.	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
27.	NI Circuit Design Suite	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	10 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
28.	Неисключительная лицензия OriginLab ORIGINPRO- New License Node-Lock License Singl Seat EDUCATIONAL	Контракт № 90- 133ЭА/2021 от 07.09.2021	13 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
29.	Неисключительная лицензия Originlab Annual Maintenance Renewal OriginPro 2022b Perpetual Node-Locked Academic Licens	Контракт №72- 99ЭА/2022 от 29.08.2022	13 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
30.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62- 64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
31.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28- 35ЭА/2020 от 26.05.2020	150 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
32.	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62- 64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
33.	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook	Контракт №175- 262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

34.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Договор № 99-155ЭА-223/2024 от 25.11.2024	-	24 месяца (продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
35.	iSpring Suite Max	Договор № 99-155ЭА-223/2024 от 25.11.2024	1 лицензия для активации на рабочих станциях	02.12.2025
36.	iSpring Suite версия 11	Договор № 99-155ЭА-223/2024 от 25.11.2024	1 лицензия для активации на рабочих станциях	02.12.2025
37.	Планы Мини	Договор № 99-155ЭА-223/2024 от 25.11.2024	1	30.09.2025
38.	Astra Linux Special Edition для 64-х разрядной платформы на базе процессорной архитектуры x86-64	Контракт №189-240ЭА/2023 от 15.01.2024	60 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
39.	COMSOL Multiphysics, Лицензия на учебный класс (CKL)	Контракт № 109-132ЭА/2023 от 22.09.2023	1	бессрочная
40.	COMSOL Multiphysics, Плавающая сетевая лицензия (FNL)	Контракт № 109-132ЭА/2023 от 22.09.2023	1	бессрочная
41.	Антиплагиат.ВУЗ 5.0	Контракт № 13-143К/2025 от 30.04.2025	1	19.05.2026

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Взаимосвязь технологических характеристик поверхности твердых тел с их коллоидно-химическими свойствами	<i>Знает:</i> - современные научные достижения и перспективные направления работ, посвященных методам исследования и проектирования основных свойств поверхности; - возможности и ограничения современного оборудования для экспериментального определения свойств реальных поверхностей <i>Умеет:</i> - проводить анализ научно-технической литературы, посвященной современным теоретическим подходам описания структуры и свойств поверхности; - планировать экспериментальные работы для определения основных свойств поверхности. использовать современные представления теории ДЛФО для оценки и прогнозирования поведения систем, не содержащих дополнительных модификаторов поверхности <i>Владеет:</i> - методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами для самостоятельного поиска необходимой информации о теоретических и научно-исследовательских достижениях в данной области знаний; - методами определения основных свойств поверхности	Оценка за контрольную работу №1 Оценка за реферат
Раздел 2. Поверхностная энергия твердых тел.	<i>Знает:</i> - современные научные достижения и перспективные направления работ, посвященных методам исследования и проектирования основных свойств поверхности; - основные подходы к определению поверхностной энергии и поверхностного натяжения на различных границах раздела фаз; - возможности и ограничения современного оборудования для экспериментального определения свойств реальных поверхностей <i>Умеет:</i> - проводить анализ научно-технической литературы, посвященной современным	Оценка за контрольную работу №1 Оценка за реферат

	теоретическим подходам и экспериментальным методам исследования структуры и свойств поверхности; - планировать экспериментальные работы для определения основных свойств поверхности. <i>Владеет:</i> - методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами для самостоятельного поиска необходимой информации о теоретических и научно-исследовательских достижениях в данной области знаний; - методами определения основных свойств поверхности с учетом возможностей современного оборудования	
Раздел 3. Смачивание идеальных и реальных твердых тел жидкостями.	<i>Знает:</i> - современные научные достижения и перспективные направления работ, посвященных методам исследования и проектирования основных свойств поверхности; - основные подходы к определению поверхностной энергии и поверхностного натяжения на различных границах раздела фаз; - возможности и ограничения современного оборудования для экспериментального определения свойств реальных поверхностей <i>Умеет:</i> - проводить анализ научно-технической литературы, посвященной современным теоретическим подходам и экспериментальным методам исследования структуры и свойств поверхности; - планировать экспериментальные работы для определения основных свойств поверхности. <i>Владеет:</i> - методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами для самостоятельного поиска необходимой информации о теоретических и научно-исследовательских достижениях в данной области знаний; - методами определения основных свойств поверхности с учетом возможностей современного оборудования; - методами оценки и прогнозирования поведения систем, не содержащих	Оценка за контрольную работу №1 Оценка за реферат

	дополнительных модификаторов поверхности.	
Раздел 4. Теория ДЛФО как метод оценки и прогнозирования свойств поверхности.	<i>Знает:</i> - современные научные достижения и перспективные направления работ, посвященных методам исследования и проектирования основных свойств поверхности; - основные направления развития теории ДЛФО и области ее применимости для оценки и прогнозирования свойств поверхности. <i>Умеет:</i> - проводить анализ научно-технической литературы, посвященной современным теоретическим подходам и экспериментальным методам исследования структуры и свойств поверхности; - планировать экспериментальные работы для определения основных свойств поверхности; - использовать современные представления теории ДЛФО для оценки и прогнозирования поведения систем, не содержащих дополнительных модификаторов поверхности. <i>Владеет:</i> - методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами для самостоятельного поиска необходимой информации о теоретических и научно-исследовательских достижениях в данной области знаний; - методами оценки и прогнозирования поведения систем, не содержащих дополнительных модификаторов поверхности.	Оценка за контрольную работу №2 Оценка за реферат

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);
- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

«Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Методы исследования и проектирования структуры и свойств поверхности
материалов электроники»
основной образовательной программы
18.04.01 Химическая технология
магистерская программа
«Технология функциональных материалов электроники и фотоники»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«МЕТОДЫ СИНТЕЗА НАНОЧАСТИЦ И НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ»**

**Направление подготовки
18.04.01 Химическая технология**

**Магистерская программа
«Технология функциональных материалов электроники и фотоники»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена:

К.т.н, доцентом кафедры химии и технологии кристаллов Файковым П.П.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И. Менделеева

(Наименование кафедры)

«23» мая 2025 г., протокол № 13.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 Химическая технология** (ФГОС ВО), накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *химии и технологии кристаллов* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина «Методы синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области неорганического материаловедения, в частности в области технологии полупроводниковых и диэлектрических кристаллов и других материалов электронной техники.

Цель дисциплины – углубление знаний, умений, владений и формирование компетенций в области синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов, используемых в электронной технике, строения нанокomпозиционных материалов, взаимосвязей «состав – структура – условия синтеза – свойства» нанокomпозиционных материалов, а также знаний, умений и владений в области современных и перспективных нанокomпозитов и направлений дальнейшего развития этой области материаловедения.

Задачи дисциплины:

- формирование и совершенствование у студентов магистратуры представления о физических и химических методах синтеза различных материалов с нанокристаллической структурой;
- формирование и совершенствование у студентов магистратуры представления о взаимосвязи между состав, структура и свойствами нанокomпозиционных материалов;
- овладение теоретическими и практическими знаниями основных процессов получения наноматериалов, необходимых студентам магистратуры для формирования их профессиональных компетенций

Дисциплина «Методы синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов» преподается в 3 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции

Технологический тип задач профессиональной деятельности				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-4 Способен разрабатывать новые материалы и изделия электроники и нанoeлектроники	ПК-4.3 Владеет навыками создания материалов и изделий электроники и нанoeлектроники с заданными свойствами	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт 29.002 «Специалист технического обеспечения технологических процессов производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. N 598н Обобщенная трудовая функция Г. Координация работ по технической подготовке и сопровождению производства приборов квантовой

				электроники и фотоники на базе нанотехнологий. F/02.7 Разработка требований к уровню технической подготовки производства и контрольных показателей для его оценки (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.037 «Специалист по разработке технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция Е. Разработка концепции технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов(Е/03.7 Разработка технологической концепции производства нового прибора (уровень квалификации – 7).

				Профессиональный стандарт 40.039 «Специалист в области разработки полупроводниковых лазеров», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция С/03.7. Научно-техническое сопровождение изготовления опытной партии разработанной новой модели полупроводникового лазера (уровень квалификации – 7).
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских	ПК-5 Способен осуществлять комплексный анализ научных основ технологии новых материалов и изделий электроники и нанoeлектроники	ПК-5.1 Знает современные требования к функциональным характеристиками материалов и изделий электроники и нанoeлектроники ПК-5.2 Умеет модифицировать имеющиеся материалы для нужд создания новых изделий электроники и нанoeлектроники	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт 29.002 «Специалист

	работ в области химического и химико-технологического производства).			технического обеспечения технологических процессов производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. N 598н Обобщенная трудовая функция Г. Координация работ по технической подготовке и сопровождению производства приборов квантовой электроники и фотоники на базе нанотехнологий. Г/02.7 Разработка требований к уровню технической подготовки производства и контрольных показателей для его оценки (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.037 «Специалист по разработке технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. N 598н

				Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция Е. Разработка концепции технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов(Е/03.7 Разработка технологической концепции производства нового прибора (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.039 «Специалист в области разработки полупроводниковых лазеров», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция С/03.7. Научно-техническое сопровождение изготовления опытной партии разработанной новой модели полупроводникового лазера (уровень квалификации – 7).

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- современные научные достижения и перспективные направления работ в области синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники;
- современные кристаллохимические, термодинамические, структурные представления о строении и свойствах твердых тел как звеньях единой цепи;
- технологические процессы синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники, основы проектирования и практические аспекты исследования их состава, структуры и свойств, области применения;
- основные пути создания новых методов синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники.

Уметь:

- проводить анализ научно-технической литературы в области современных и перспективных методов синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники;
- формулировать требования к материалам и определять эффективные пути создания новых методов синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения;
- проводить экспериментальные исследования состава, структуры и свойств наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники;
- применять теоретические знания по современным и перспективным методам синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники, для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях.

Владеть:

- методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники;
- методологическими подходами, особенностями синтеза и выявления взаимосвязей состава, структуры, свойств и технологии наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники, обеспечивающими обоснованное принятие решений при разработке новых материалов для различных областей применения;
- методами критического анализа и оценки современных научных достижений, генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники;
- способностью и готовностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники с учетом правил соблюдения авторских прав.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1	34	25,5
в том числе в форме практической подготовки	0,25	8	6
Лекции	0,25	8	6
Практические занятия (ПЗ)	0,75	26	19,5
в том числе в форме практической подготовки	0,25	8	6
Самостоятельная работа	2	74	55,5
Контактная самостоятельная работа	2	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		73,6	55,2
Вид контроля:			
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
	Раздел дисциплины						
1.	Раздел 1. Содержание и задачи курса. классификация методов получения наночастиц	6		1,5			4.
1.1	Введение.	2.		0,5.			1.
1.2	Классификация методов получения наночастиц	4.		1,0.			3
2.	Раздел 2. Диспергационные методы получения нанопорошков	12		2	2		8
2.1	Механическое измельчение	3		0,5	0,5.		2
2.2	Механохимический метод	3		0,5.	0,5.		2
2.3	Ультразвуковое диспергирование	3		0,5.	0,5		2
2.4	Распылительная сушка	3		0,5	0,5		2
3	Раздел 3. Конденсационные методы получения нанопорошков	36	4	1,5	10	4	24
3.1	Испарение-конденсация	4,5		0,21	1,43		3,43
3.2	Метод «горения»	4,5		0,21	1,43		3,43
3.3	Метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС)	4,5		0,21	1,43		3,43
3.4	Глицин-нитратный метод	4,5		0,21	1,43		3,43
3.5	Метод совместного осаждения	4,5		0,21	1,43		3,43

3.6	Золь-гель метод и его разновидности	9		0,21	1,43		3,43
3.7	Метод Печини (цитратный метод)	4,5		0,21	1,43		3,43
4.	Раздел 4. Другие современные методы получения наночастиц	30		1,5	8		20
4.1	Криохимический метод, метод “вымораживания”	2,5		0,125	0,67		1,67
4.2	Гидротермальный метод	2,5		0,125	0,67		1,67
4.3	Гетерофазный синтез в растворе	2,5		0,125	0,67		1,67
4.4	Разложение элементоорганических соединений	2,5		0,125	0,67		1,67
4.5	Плазмохимический метод	2,5		0,125	0,67		1,67
4.6	Электрохимический синтез нанопорошков	2,5		0,125	0,67		1,67
4.7	Электроэрозионный метод	2,5		0,125	0,67		1,67
4.8	Ударно–волновой метод (детонационный синтез)	2,5		0,125	0,67		1,67
4.9	Получение наночастиц методом электровзрыва	2,5		0,125	0,67		1,67
4.10	Метод лазерного испарения	2,5		0,125	0,67		1,67
4.11	Метод гидролиза в пламени	2,5		0,125	0,67		1,67
4.12	Криохимический метод, метод “вымораживания”	2,5		0,125	0,67		1,67
5	Особенности получения нанокomпозиционных материалов	24	4	1,5	6	4	18
	ИТОГО	108	8	8	26	8	74

4.2 Содержание разделов дисциплины

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение

1.1. Содержание и задачи курса «Методы синтеза наночастиц и наноконпозиционных материалов».

Рынок нанотехнологий переживает свое стремительное развитие, о чем свидетельствует рост инвестиций в отрасль, а также количества научных разработок, патентов и публикаций по данной проблематике. Ежегодно наблюдается увеличение числа компаний, представляющих нанотехнологии, а также объем коммерчески реализуемой продукции, изготовленной с применением нанотехнологий. В исследованиях, направленных на получение наноструктурированных материалов и, в частности, оптически прозрачных керамик, основное внимание уделяется получению нанопорошков, их составу, форме и размерам частиц.

Химические методы позволяют изготавливать высокодисперсные порошки, в том числе нанопорошки, стремящиеся понизить свою энергию за счет агрегации. Выбор того или иного метода получения нанопорошков или комбинация различных методов их синтеза позволяют формировать агломераты и даже отдельные частицы с заданными размерами структурой и свойствами, от которых, в конечном итоге, зависят эксплуатационные свойства готового керамического изделия.

1.2. Классификация методов получения наночастиц.

Существует классификация, основанная на природе основного процесса, в результате которого происходит синтез наноматериалов. При таком подходе методы получения наноматериалов можно разделить на механические, физические, химические и биологические.

Раздел 2. Диспергационные методы получения нанопорошков.

2.1. Механическое измельчение

Механическая энергия, передаваемая твердому телу при измельчении, в первую очередь, расходуется на изменение дисперсности системы и изменение упорядоченности структуры измельчаемого материала. Выбор характера воздействия на твердое тело (количество энергии, скорость и интенсивность ее передачи) позволяет влиять на свойства получаемого продукта.

2.2. Механохимический метод

Механохимический метод занимает промежуточное место между механическими и химическими методами. Основой механосинтеза является механическая обработка твердых смесей исходных компонентов (оксиды, гидроксиды, соли, кислоты), в результате которой происходит измельчение и пластическая деформация веществ, ускоряющие массоперенос, при этом активируется химическое взаимодействие твердых реагентов (фактически происходит твердофазный синтез с образованием сложных оксидов)

2.3. Ультразвуковое диспергирование

Ультразвуковое диспергирование – тонкое размельчение твердых веществ или жидкостей, переход веществ в дисперсное состояние с образованием золь под действием ультразвуковых колебаний. Обычно термином “диспергирование” обозначается измельчение твердых тел в жидкой среде.

2.4. Распылительная сушка

К механическим методам получения можно также отнести распылительную сушку. При распылительной сушке происходит испарение растворителя из высушиваемого продукта. В результате получают сухой порошкообразный или гранулированный продукт.

Высушиваемый продукт с помощью форсунок или вращающихся дисков распыляется (диспергируется) в сушильную камеру. Здесь он контактирует с сушильным

агентом, в роли которого может выступать горячий воздух, газы, образующиеся при сгорании топлива или перегретый пар.

Раздел 3. Конденсационные методы получения нанопорошков.

Химические методы получения порошков обычно являются многостадийными, что затрудняет их классификацию. Их можно классифицировать по среде (жидкость, газ, плазма), в которой происходит основной физико-химический процесс. Наибольшее распространение в технологии функциональной керамики получили методы получения порошков в жидкой фазе, как методы несложные в аппаратном оформлении, не требующие высоких энергозатрат и обеспечивающие получение нанопорошков близких к "идеальным" в достаточном количестве для производства.

3.1. Испарение-конденсация.

В процессе «испарение - конденсация» жидкие или твердые вещества испаряют при контролируемой температуре в атмосфере инертного газа низкого давления с последующей конденсацией пара в охлаждающей среде или на охлаждающих устройствах.

3.2. Метод «горения»

Метод основан на термообработке смесей исходных компонентов, взятых в виде соединений, способных легко восстанавливаться, и «горючего», в качестве которого обычно используют такие органические соединения, которые легко окисляются с выделением большого количества тепла и не вносят загрязнений в получаемый продукт (глицин, лимонная кислота, мочевины и др). Пламя при горении является низкотемпературной плазмой. Важной особенностью метода является то, что в процессе сжигания происходит выделение большого количества газообразных продуктов, которые разрыхляют исходные компоненты, позволяя получить нанопорошки.

3.3. Метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС).

К методу горения тесно примыкает метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. СВС представляет собой режим протекания сильной экзотермической реакции (реакции горения), в котором тепловыделение локализовано в слое и передается от слоя к слою путем теплопередачи.

3.4. Глицин-нитратный метод.

К одной из разновидностей метода горения можно отнести и глицин-нитратный метод. В этом методе для производства наночастиц оксидов металлов применяют водный раствор глицина и нитрата какого-либо металла. Раствор нагревают, пока избыток воды не выкипает и оставшееся сухое вещество не воспламеняется.

3.5. Метод совместного осаждения.

Метод соосаждения является одним из самых широко распространенных методов получения нанопорошков. Этим методом обычно получают вещество-предшественник (прекурсор), которое после термической обработки в соответствующей газовой среде, получается в виде порошка необходимого соединения.

3.6. Золь-гель метод и его разновидности.

Для получения нанопорошков в настоящее время наиболее широко используют золь-гель метод. Золь-гель технология материалов, в том числе, наноматериалов, включает получение золя с последующим переводом его в гель. Гель – коллоидная система, состоящая из жидкой дисперсионной среды, заключенной в пространственную сетку, образованную соединившимися частицами дисперсной фазы. Золь-гель метод можно применять не только для получения нанопорошков, но и пленок, волокон и монолитных изделий, когда из геля формуют заготовку, которую сушат и обжигают.

Существует множество модификаций этого метода, которые обеспечивают синтез керамических порошков, протекающий по одинаковой схеме, состоящей из трех стадий:

раствор хорошо растворимых солей исходных компонентов → (1) → золь → (2) → гель → (3) → оксид.

3.7. Метод Печини (цитратный метод)

Этот метод известен как относительно несложный, практичный и недорогой метод синтеза оксидных порошков, в котором полимерный материал, полученный из соли металлов многоосновной карбоновой кислоты и многоатомного спирта, подвергается прокаливанию. Образование полимера происходит в результате реакции этерификации между цитратным комплексом металлов и этиленгликолем.

Подробно рассматриваются варианты алкоксидного, гибридного и полимерного золь-гель метода.

Раздел 4. Другие современные методы получения наночастиц.

4.1. Криохимический метод, метод “вымораживания”.

Метод заключается в быстром замораживании распыленных растворов солей с получением криогранул. Хорошие результаты дали опыты распыления в жидкий азот. Быстрое замораживание приводит к равномерному распределению частиц, т.е. компонентов, приближающемуся к их распределению в исходном растворе.

4.2. Гидротермальный метод.

Проведение процесса в сверхкритических условиях, когда исчезает граница между жидкостью и газом и теряет смысл понятие поверхностного натяжения, замедляет агрегацию и рост частиц, но не препятствует совершенствованию их кристаллической структуры.

Жидкости при повышении температуры и давления могут находиться в сверхкритических условиях, когда нет границы между жидкой и газообразной фазой. В таких условиях отсутствует основная причина агрегации – поверхностное натяжение на границе жидкость – газ. При использовании воды и водных растворов солей, кислот и оснований такие методы обычно называют гидротермальными.

4.3. Гетерофазный синтез в растворе.

Гетерофазный синтез в жидкой фазе основан на топочимической реакции между твердой фазой и окружающей ее жидкостью. Ультрадисперсный порошок помещают в жидкую фазу, где происходит внедрение ионов из жидкой фазы в твердую или обмен ионами между фазами.

4.5. Разложение элементоорганических соединений.

Методы разложения и последующий твердофазный синтез в небрикетируемом состоянии относятся к методам получения керамических порошков, где определяющими являются процессы в твердой фазе.

4.6. Плазмохимический метод.

Плазмохимический синтез проводится в специальных плазменных реакторах – плазмотронах. Плазма с температурой 4000 – 8000 К создается внутри реактора путем зажигания высокочастотного газового разряда или электрической дуги в Ar, N₂, NH₃ и других газах. Иногда в качестве источника энергии используется лазер, теплота химической реакции и т.д.

4.7. Электрохимический синтез нанопорошков.

В основе метода лежат многоэлектронные процессы совместного электровыделения металлов и неметаллов из различных расплавов с последующим их взаимодействием на катоде на атомарном уровне. Использование электрического тока позволяет осуществлять процессы, которые в обычных условиях не происходят или идут очень медленно.

4.8. Электроэрозионный метод.

Электроэрозионный метод получения порошков осуществляется за счет электроискрового разряда в соответствующей среде и приводит к электроэрозионному диспергированию электродов. Действие плазмы дугового разряда способствует

химическому взаимодействию диспергированного металла с окружающей средой. Микродуги, возникающие между электродами, погруженными в жидкость, вызывают их эрозию.

4.9. Ударно–волновой метод (детонационный синтез).

Это синтез в плазме, образующейся в процессе взрыва. При синтезе взрыв – сильно неравновесный процесс, – как правило, осуществляют в закрытом сосуде – бомбе. При взрыве взрывчатого вещества за время $0,2 - 5 \cdot 10^{-6}$ с температура достигает 4000°C , а давление в зависимости от типа устройства ударно–волнового нагружения повышается до 50 ГПа (для плоского), до 80 ГПа (для осесимметричного) и до 1000 ГПа (для сферического).

4.10. Получение наночастиц методом электровзрыва.

Если через проволоку диаметром 0,1 – 1,0 мм за $10^{-5} \dots 10^{-7}$ с пропустить ток плотностью $10^4 \dots 10^6$ А/мм², то происходит взрыв и распыление проволоки в наночастицы.

4.11. Метод лазерного испарения.

Метод лазерного испарения вещества, также называемый лазерной абляцией или лазерной искрой, или лазерным парофазным осаждением (ЛПА или PLD — pulsed laser deposition), основан на удалении вещества с поверхности при её лазерном облучении. Метод делится на несколько этапов: испарение материала с мишени, развитие плазменного факела из частиц облучаемого вещества, осаждение наночастиц на подложке.

4.12. Метод гидролиза в пламени.

В данном варианте метода горения летучие соединения (обычно хлориды или карбонилы металлов) распыляют в кислород-водородное пламя. За счет высокотемпературного гидролиза образуются наноразмерные капли расплавленного оксида.

Раздел 5. Особенности получения нанокompозиционных материалов.

Нанопорошки – это, прежде всего, исходное сырье для получения консолидированных наноструктурных материалов заданной формы и с необходимыми функциональными свойствами, предназначенных для практического использования. Из полученных нанопорошков при добавлении необходимого количества и вида временной технологической связки (ВТС) получают формовочные массы, из которых формуют заготовки требуемой формы и размеров.

Условно технологию получения нанокompозита можно представить в виде четырех процессов:

- 1). получение слабоагрегированного нанопорошка;
- 2). подготовка формовочной массы (смешивание с другими порошками и добавками (модификаторы, временные технологические связки и т.п.));
- 3). формование максимально плотной и равноплотной заготовки;
- 4). удаление временной технологической связки;
- 5). спекание заготовки;
- 6) окончательная обработка изделия.

Одной из основных проблем в производстве нанокompозитов является склонность наночастиц к образованию агрегатов различной прочности, что осложняет получение качественного наноструктурированного продукта. Для разрушения агрегатов требуются большие механические усилия и регулирование температурно-временных режимов спекания.

В то же время, условия формования заготовок из нанопорошков в значительной мере определяет пористость и механические свойства получаемых изделий, и, следовательно, к выбору способа формования заготовок из нанопорошков нужно подходить не менее ответственно, чем к способу синтеза исходных нанопорошков.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5
	Знать:					
1	<i>Знать:</i> – современные научные достижения и перспективные направления работ в области синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники;	+	+	+	+	+
2	– современные кристаллохимические, термодинамические, структурные представления о строении и свойствах твердых тел как звеньях единой цепи;		+	+	+	+
3	– технологические процессы синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники, основы проектирования и практические аспекты исследования их состава, структуры и свойств, области применения;			+	+	+
4	– основные пути создания новых методов синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники.				+	+
	Уметь:					
5	– ... проводить анализ научно-технической литературы в области современных и перспективных методов синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники;	+	+	+	+	+
4	– ... формулировать требования к материалам и определять эффективные пути создания новых методов синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения;		+	+	+	+
5	– проводить экспериментальные исследования состава, структуры и свойств наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники;			+	+	+
6	– применять теоретические знания по современным и перспективным методам синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники, для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях.			+	+	+
	Владеть:					
7	– методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники;	+	+	+	+	+

8	– методологическими подходами, особенностями синтеза и выявления взаимосвязей состава, структуры, свойств и технологии наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники, обеспечивающими обоснованное принятие решений при разработке новых материалов для различных областей применения;		+	+	+	+
9	– методами критического анализа и оценки современных научных достижений, генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники;			+	+	+
10	– способностью и готовностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники с учетом правил соблюдения авторских прав.			+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения</u> :						
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК				
11	ПК-4 Способен разрабатывать новые материалы и изделия электроники и нанoeлектроники	ПК-4.3 Владеет навыками создания материалов и изделий электроники и нанoeлектроники с заданными свойствами			+	+
12	ПК-5 Способен осуществлять комплексный анализ научных основ технологии новых материалов и изделий электроники и нанoeлектроники	ПК-5.1 Знает современные требования к функциональным характеристиками материалов и изделий электроники и нанoeлектроники		+	+	+
13		ПК-5.2 Умеет модифицировать имеющиеся материалы для нужд создания новых изделий электроники и нанoeлектроники		+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Классификация методов получения наночастиц	5
2	2	Ультразвуковое диспергирование	5
3	3	Золь-гель метод и его разновидности	5
4	4	Гетерофазный синтез в жидкой фазе	5
5	5	Особенности формирования композитов	6

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала и подготовку к выполнению контрольных работ по разделам курса;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче *зачета* (_3 семестр)

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов), и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 4 контрольных работы. Максимальная оценка за контрольные работы 60 (3 семестр) составляет 20 баллов за каждую.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе **Примеры вопросов к контрольной работе № 1.** Максимальная оценка **20** баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 10 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1.

1. Классификация методов получения наночастиц
2. Классификация нанопорошков по размерам, определение - наночастица

Вопрос 1.2.

1. Деление методов по принципу изменения размера частиц в ходе синтеза
2. Технологии получения нанопорошков основанные на физических процессах.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка 20 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 10 баллов за вопрос.

Вопрос 2.1.

1. Принципы механоактивации
2. Особенности механизма измельчения в современных лабораторных вибро- и планетарных мельницах

Вопрос 2.2.

1. Особенности ультразвукового диспергирования
2. Традиционная распылительная сушка

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Максимальная оценка 20 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 10 баллов за вопрос.

Вопрос 3.1.

1. Золь-гель метод, основные модификации
2. Особенности метода "горения"

Вопрос 3.2.

1. Преимущества метода совместного осаждения
2. Отличия метода Печини от традиционной золь-гель технологии

Раздел 4. Примеры вопросов к контрольной работе № 4. Максимальная оценка 25 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 12,5 баллов за вопрос.

Вопрос 4.1.

1. Применение лазерных технологий для синтеза наноматериалов
2. Детонационный синтез и электровзрыв

Вопрос 4.2.

1. Плазмохимический синтез
2. Основные стадии спекания керамических нанокompозитов

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (3 семестр – вид зачет с оценкой).

Билет включает контрольные вопросы по разделам 1,2,3,4 и 5 рабочей программы дисциплины и содержит _2_ вопроса. 1 вопрос – _20_ баллов, вопрос 2 – _20_ баллов.

1. Золь-гель метод, основные модификации.
2. Термическое разложение и восстановление
3. Плазмохимический синтез
4. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез
5. Детонационный синтез и электровзрыв
6. Принципы механоактивации
7. Особенности механизма измельчения в современных лабораторных вибро- и планетарных мельницах
8. Электролитическое осаждение
9. Физическое осаждение из газовой фазы
10. Отличия метода Печини от традиционной золь-гель технологии
11. Кавитационный механизм ультразвукового диспергирования
12. Преимущества метода совместного осаждения
13. Основные стадии спекания керамических нанокompозитов
14. Классификация нанопорошков по размерам, определение - наночастица.
15. Технологии получения нанопорошков основанные на физических процессах
16. Особенности компактирования нанопорошков
17. Применение лазерных технологий для синтеза наноматериалов
18. Синтез наночастиц в сверхкритических условиях
19. Деление методов по принципу изменения размера частиц в ходе синтеза
20. Особенности ультразвукового диспергирования.
21. Традиционная распылительная сушка.
22. Особенности метода "горения"

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.3. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (3 семестр).

Зачет с оценкой по дисциплине «Методы синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов» проводится в 3 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 2,3,4 и 5 рабочей программы дисциплины. Билет для **зачета с оценкой** состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для **зачета с оценкой**

«Утверждаю» Руководитель программы _____ И.Х. Аветисов (Подпись) (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г..	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии кристаллов
	Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология Магистерская программа – «Технология функциональных материалов электроники и фотоники»
	Методы синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов
Билет № _ 1. Вопрос Отличия метода Печини от традиционной золь-гель технологии 2. Вопрос Основные виды наполнителей композиционных материалов	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Современные методы получения оксидных нанопорошков и наноструктурированной керамики / М. В. Калинина, Н. Ю. Федоренко, Т. Л. Симоненко, О. А. Шилова ; Под ред.: Шилова О. А.. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 72 с. — ISBN 978-5-507-44813-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/266654> (дата обращения: 01.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Б. Дополнительная:

1. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. - М. : "Физматлит", 2009. - 414 с. :
2. Беляков А. В. Методы получения наноразмерных порошков из неорганических неметаллических материалов: учеб. Пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2011. 192 с.
3. Наноматериалы и нанотехнологии/ под ред. В. Е. Борисенко и Н. К. Толочко. Минск: Изд. центр БГУ, 2008. 375 с.
4. Беляков А. В., Жариков Е. В., Малыгин А. А. Химические основы нанотехнологии твердофазных материалов различного функционального назначения: учеб. пособие. СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2006. 103 с.

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Научно-технические журналы:
 - European Journal of Inorganic Chemistry Print ISSN: 1434-1948, Online ISSN: 1099-0682
 - «Перспективные материалы» ISSN PRINT: 2075-1133, ISSN ONLINE: 2075-115X
 - Journal of Crystal Growth ISSN 0022-0248
 - Crystal Research and Technology Print ISSN: Previously 0232-1300 Online ISSN: 1521-4079
 - «Журнал неорганической химии» ISSN (PRINT): 0044-457X
 - Journal of Non-Crystalline Solids. ISSN: 0022-3093
 - Ресурсы ELSEVIER: www.sciencedirect.com

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- Сайт о нанотехнологиях в России [Электронный ресурс]: www.nanoware.ru
- Нанотехнологическое сообщество [Электронный ресурс]: www.nanometer.ru
- Интернет-журнал о нанотехнологиях. [Электронный ресурс]: www.nanodigest.ru

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций и практических занятий – 18;
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 22).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам. Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Методы синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов*» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для обучающихся, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Модели молекул и кристаллов для демонстрации типов колебаний при составлении колебательного представления в методах спектроскопии КР и ИК.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; раздаточный материал к практическим занятиям по дисциплине; альбомы и рекламные проспекты с основными видами и характеристиками приборов и материалов электронной техники, фотоники и квантовой электроники.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде по строению и свойствам материалов электронной техники; электронная картотека по рентгенофазовому анализу; электронная картотека по фазовым диаграммам состояния; кафедральные библиотеки электронных изданий.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Содержание и задачи курса. классификация методов получения наночастиц	<i>Знает:</i> – современные научные достижения и перспективные направления работ в области синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники; <i>Умеет:</i> – проводить анализ научно-технической литературы в области современных и перспективных методов синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники <i>Владеет:</i> – методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники;	Оценка за контрольную работу №1 (3 семестр) Оценка за <i>зачет</i> (3 семестр)
Раздел 2. Диспергационные методы получения нанопорошков	<i>Знает:</i> – современные научные достижения и перспективные направления работ в области синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники; – современные кристаллохимические, термодинамические, структурные представления о строении и свойствах твердых тел как звеньях единой цепи <i>Умеет:</i>	Оценка за контрольную работу №1 (3 семестр) Оценка за <i>зачет</i> (3 семестр)

	– проводить анализ научно-технической литературы в области современных и перспективных методов синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники – формулировать требования к материалам и определять эффективные пути создания новых методов синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения <i>Владеет:</i> – методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники; – методологическими подходами, особенностями синтеза и выявления взаимосвязей состава, структуры, свойств и технологии наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники, обеспечивающими обоснованное принятие решений при разработке новых материалов для различных областей применения;	
Раздел 3. Конденсационные методы получения нанопорошков	<i>Знает:</i> – современные научные достижения и перспективные направления работ в области синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники – современные кристаллохимические, термодинамические, структурные представления о строении и свойствах твердых тел как звеньев единой цепи; – технологические процессы синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники, основы проектирования и практические аспекты исследования их состава, структуры и свойств, области применения; <i>Умеет:</i> – проводить анализ научно-	Оценка за контрольную работу №2 (3 семестр) Оценка за <i>зачет</i> (3 семестр)

	технической литературы в области современных и перспективных методов синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники – формулировать требования к материалам и определять эффективные пути создания новых методов синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения – проводить экспериментальные исследования состава, структуры и свойств наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники; – применять теоретические знания по современным и перспективным методам синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники, для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. <i>Владеет:</i> – методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники; – методологическими подходами, особенностями синтеза и выявления взаимосвязей состава, структуры, свойств и технологии наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники, обеспечивающими обоснованное принятие решений при разработке новых материалов для различных областей применения; – методами критического анализа и оценки современных научных достижений, генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники; – способностью и готовностью к	

	разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники с учетом правил соблюдения авторских прав.	
Раздел 4. Другие современные методы получения наночастиц	<i>Знает:</i> – современные научные достижения и перспективные направления работ в области синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники – современные кристаллохимические, термодинамические, структурные представления о строении и свойствах твердых тел как звеньев единой цепи; – технологические процессы синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники, основы проектирования и практические аспекты исследования их состава, структуры и свойств, области применения; – основные пути создания новых методов синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники. <i>Умеет:</i> – проводить анализ научно-технической литературы в области современных и перспективных методов синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники – формулировать требования к материалам и определять эффективные пути создания новых методов синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения – проводить экспериментальные исследования состава, структуры и свойств наночастиц и	Оценка за контрольную работу №2 (3 семестр) Оценка за зачет (3 семестр)

	нанокomпозиционных материалов для электроники; – применять теоретические знания по современным и перспективным методам синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники, для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. <i>Владеет:</i> – методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники; – методологическими подходами, особенностями синтеза и выявления взаимосвязей состава, структуры, свойств и технологии наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники, обеспечивающими обоснованное принятие решений при разработке новых материалов для различных областей применения; – методами критического анализа и оценки современных научных достижений, генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники; – способностью и готовностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники с учетом правил соблюдения авторских прав. –	

Раздел 5. Особенности получения нанокмпозиционных материалов	<i>Знает:</i> – современные научные достижения и перспективные направления работ в области синтеза наночастиц и нанокмпозиционных материалов для электроники – современные кристаллохимические, термодинамические, структурные представления о строении и свойствах твердых тел как звеньях единой цепи; – технологические процессы синтеза наночастиц и нанокмпозиционных материалов для электроники, основы проектирования и практические аспекты исследования их состава, структуры и свойств, области применения; – основные пути создания новых методов синтеза наночастиц и нанокмпозиционных материалов для электроники. <i>Умеет:</i> – проводить анализ научно-технической литературы в области современных и перспективных методов синтеза наночастиц и нанокмпозиционных материалов для электроники – формулировать требования к материалам и определять эффективные пути создания новых методов синтеза наночастиц и нанокмпозиционных материалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения – проводить экспериментальные исследования состава, структуры и свойств наночастиц и нанокмпозиционных материалов для электроники; – применять теоретические знания по современным и перспективным методам синтеза наночастиц и нанокмпозиционных материалов для электроники, для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. <i>Владеет:</i> – методами работы с научно-	Оценка за контрольную работу №3 (3 семестр) Оценка за зачет

	технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники; – методологическими подходами, особенностями синтеза и выявления взаимосвязей состава, структуры, свойств и технологии наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники, обеспечивающими обоснованное принятие решений при разработке новых материалов для различных областей применения; – методами критического анализа и оценки современных научных достижений, генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники; – способностью и готовностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов для электроники с учетом правил соблюдения авторских прав.	

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);
- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;
- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Методы синтеза наночастиц и нанокomпозиционных материалов»
основной образовательной программы
18.04.01 Химическая технология
магистерская программа
«Технология функциональных материалов электроники и фотоники»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Монокристаллы для фотоники и электроники»

**Направление подготовки
18.04.01 Химическая технология**

**Магистерская программа
«Технология функциональных материалов электроники и фотоники»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена:

К.т.н., доцентом кафедры химии и технологии кристаллов, К.А.Субботиным

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И. Менделеева

(Наименование кафедры)

«23» мая 2025 г., протокол № 13.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология, магистерская программа «Технология функциональных материалов электроники и фотоники» накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение трех семестров.

Дисциплина «Монокристаллы для фотоники и электроники» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, к дисциплинам по выбору учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области различных областей физики (оптики, включая кристаллооптику, термодинамики, электро- и магнитодинамики, физической электроники, физики твердого тела, кристаллографии, квантовой механики) и химии (неорганической химии, аналитической химии, в частности, физико-химических методов исследования материалов, а также физической химии, в частности, физической химии реального кристалла, фазовых диаграмм многокомпонентных систем, теории роста кристаллов, современных методов и оборудования для выращивания кристаллов).

Цель дисциплины – получение магистрантами компетенций в области технологий производства, а также основных свойств и сфер применения важнейших современных полупроводниковых, функциональных, лазерных и нелинейно-оптических монокристаллов, а также оптических волокон, применяемых или имеющих реальные перспективы применения в фотонике и электронике.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся системных теоретических знаний и компетенций в области производства, свойств и применений важнейших современных полупроводниковых, функциональных, лазерных и нелинейно-оптических монокристаллов, применяемых в фотонике и электронике;

- формирование у обучающихся практических навыков по выращиванию монокристаллов различными современными методами;

- ознакомление обучающихся с русско-и англоязычной специальной терминологией, используемой в соответствующих областях науки и техники.

Дисциплина «*Монокристаллы для фотоники и электроники*» преподается в 1, 2 и 3 семестрах. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-2 Способен к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи	ПК-2.3 Владеет навыками соотнесения результатов собственной научной работы с отечественным и зарубежным опытом по тематике исследования	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.
		ПК-4 Способен разрабатывать новые материалы и изделия электроники и нанoeлектроники	ПК-4.1 Знает физические принципы работы материалов и изделий электроники и нанoeлектроники ПК-4.2 Умеет подбирать материалы	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда,

			для создания изделий электроники и наноэлектроники с заданными функциональными свойствами - ПК-4.3 Владеет навыками создания материалов и изделий электроники и наноэлектроники с заданными свойствами	обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт 29.002 «Специалист технического обеспечения технологических процессов производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. N 598н Обобщенная трудовая функция Г. Координация работ по технической подготовке и сопровождению производства приборов квантовой электроники и фотоники на базе нанотехнологий. Г/02.7 Разработка требований к уровню технической подготовки производства и контрольных показателей для его оценки

				(уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.039 «Специалист в области разработки полупроводниковых лазеров», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция А. Разработка конструкции и технологии изготовления новой модели полупроводникового лазера (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.039 «Специалист в области разработки полупроводниковых лазеров», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция Е. Разработка концепции технологии производства

				приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов (уровень квалификации – 7).
		ПК-5 Способен осуществлять комплексный анализ научных основ технологии новых материалов и изделий электроники и наноэлектроники	ПК-5.1 Знает современные требования к функциональным характеристиками материалов и изделий электроники и наноэлектроники ПК-5.2 Умеет модифицировать имеющиеся материалы для нужд создания новых изделий электроники и наноэлектроники -	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт 29.002 «Специалист технического обеспечения технологических процессов производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. N 598н Обобщенная трудовая функция

				Г. Координация работ по технической подготовке и сопровождению производства приборов квантовой электроники и фотоники на базе нанотехнологий. Г/02.7 Разработка требований к уровню технической подготовки производства и контрольных показателей для его оценки (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.039 «Специалист в области разработки полупроводниковых лазеров», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция А. Разработка конструкции и технологии изготовления новой модели полупроводникового лазера (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.039 «Специалист в области

				разработки полупроводниковых лазеров», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция Е. Разработка концепции технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов (уровень квалификации – 7).

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- Важнейшие современные полупроводниковые, функциональные, лазерные и нелинейно-оптические монокристаллы, а также основные типы оптических волокон, их основные свойства, технологию производства и сферы применения;
- Основные современные проблемы материаловедения в области создания новых и совершенствования традиционных монокристаллических и волоконно-оптических материалов для квантовой электроники, волоконной и нелинейной оптики;

Уметь:

- - грамотно поставить эксперимент по выращиванию, а также исследованию структурных, физико-химических, кристаллохимических, термомеханических и иных характеристик монокристаллических материалов, относящихся к различным классам химических веществ и соединений, в том числе – корректно произвести подготовку выращенного образца к тому или иному виду его исследований;
- - правильно интерпретировать и проанализировать результаты отдельных экспериментов такого рода, а также систематизировать и обобщать результаты серий таких экспериментов с учетом имеющихся литературных данных, в том числе - критически осмыслить обнаруженные экспериментальные зависимости и тенденции с точки зрения их статистической значимости с учетом случайных и систематических погрешностей измерений;
- - подготовить научную публикацию, доклад на научном мероприятии и раздел квалификационной работы по результатам таких экспериментов.

Владеть:

- основной специальной русско- и англоязычной терминологией, применяемой в таких областях науки, как физическое материаловедение, рост кристаллов, квантовая электроника, волоконная и нелинейная оптика;
- навыками поиска в библиотеках и в электронных ресурсах научно-технической литературы информации по физическому материаловедению, росту кристаллов, квантовой электронике, волоконной и нелинейной оптике, по соответствующим разделам химии, физики и физической химии твердого состояния, физической электроники. Быть способным выделить в большом объеме научно-технической информации важные с точки зрения конкретной тематики исследования моменты, не тратя время на изучение информации, второстепенной с этой точки зрения.
- навыками общения со своими будущими коллегами – представителями смежных профессий (прежде всего, физиков и технического персонала) с использованием хорошо известных им терминов, понятий и категорий.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего		Семестр					
			1 семестр		2 семестр		3 семестр	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	12	432	3	108	3	108	6	216
Контактная работа – аудиторные занятия:	6	221	1.5	51	1	34	3.5	136
в том числе в форме практической подготовки	0,5	17					0,5	17
Лекции	2	67	0.5	17	0.5	16	1	34
Практические занятия (ПЗ)	2.5	86	1	34	0.5	18	1	34
Лабораторные работы (ЛР)	2	68	0	0	0	0	2	68
в том числе в форме практической подготовки	0,5	17					0,5	17
Самостоятельная работа	4	139	1,5	57	1	38	1.5	44
Контактная самостоятельная работа		0,4		0,4		-		-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		138,6		56,6		38		44
Виды контроля:								
Зач. с оценкой			+					
Экзамен	2	72	-	-	1	36	1	36
Контактная работа – промежуточная аттестация		0,8			1	0,4		0.4
Вид итогового контроля:			Зач. с оценкой		Экзамен		Экзамен	

Вид учебной работы	Всего		Семестр					
			1 семестр		2 семестр		3 семестр	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	12	324	3	81	3	81	6	162
Контактная работа – аудиторные занятия:	6	165,8	1,5	38,3	1	25,5	3,5	102
в том числе в форме практической подготовки	0,5	12,8					0,5	12,8
Лекции								
Практические занятия (ПЗ)								
Лабораторные работы (ЛР)								
в том числе в форме практической подготовки								
Самостоятельная работа	4	104,3	1,5	42,8	1	28,5	1,5	33
Контактная самостоятельная работа		0,3		0,3				
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		104		41,5		28,5		33
Виды контроля:								
Зач. с оценкой			+					
Экзамен	2	54	-	-	1	27	1	27

Контактная работа – промежуточная аттестация					1	0,3	1	0,3
Подготовка к экзамену.						26,7		26,7
Вид итогового контроля:			Зач. с оценкой		Экзамен		Экзамен	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Прак. зан.	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
1.	Раздел 1. Важнейшие монокристаллы полупроводников, их свойства, методы получения и сферы применения	60	9	18	10	18	9	24
1.1	Кремний			2	4	8	1	8
1.2	Карбид кремния			2	-	-	1	1
1.3	Алмаз			2		-	1	1
1.4.	Арсенид галлия			2	2	-	1	4
1.5.	Нитрид галлия			2	2	-	1	4
1.6.	Прочие полупроводники типа $A^{III}B^V$			2	-	-	1	1
1.7.	Селенид цинка, номинально-чистый и легированный хромом и железом			2	2	-	1	2
1.8.	Прочие полупроводники типа $A^{II}B^{VI}$			2	-	6	1	1
1.9.	Обзор прочих полупроводников			2	-	4	1	2
2.	Раздел 2. Важнейшие функциональные монокристаллы, их свойства, методы получения и сферы применения	60	8	4	9	18	8	24
2.1	Лейкосапфир			2	4	9	4	12
2.2	Фианит и ЧСЦ			2	5	9	4	12

3.	Раздел 2. Важнейшие оксидные лазерные и рамановские монокристаллы, их свойства, методы получения и сферы применения	60		18	20	-	-	24
3.1	Иттрий-алюминиевый гранат и иттрий-алюминиевый перовскит			2	4	-	-	4
3.2	Ванадаты			2	2	-	-	2
3.3	Сексвиоксиды			2	1	-	-	2
3.4	Кристаллы со структурой апатита			2	1	-	-	2
3.5	Разупорядоченные боросиликаты			2	1	-	-	2
3.6	Моноклинные и тетрагональные вольфраматы и молибдаты			2	4	-	-	4
3.7	Титан-сапфир			2	1	-	-	2
3.8	Оксидные кристаллы, легированные ионами хрома			2	4	-	-	4
3.9.	Важнейшие кристаллы для пассивных лазерных затворов			2	2	-	-	2
4.	Важнейшие лазерные кристаллы фторидов	40	9	4	12	9	-	19
	Общие особенности кристаллов фторидов			1	2	2	-	4
	кристаллы со структурой флюорита			1	2	1	-	4
	Кристаллы фторидов со структурой шеелита			1	2	1	-	4

	кристаллы со структурой кальквирита			1	2	1	-	4
	Кристаллы фторида лития с центрами окраски			-	4	4	-	3
5.	Пьезо- и сегнетоэлектрики, нелинейно-оптические кристаллы	30		14	12	9	-	18
5.1	Кварц			2	2	2	-	4
5.2	Лангаситы			2	1	1	-	2
5.3	Ниобат и танталат лития			2	2	1	-	4
5.4	Титанил-фосфат калия			2	2	2	-	2
5.5	β -борат бария			2	2	1	-	2
5.6	Триборат лития			2	2	1	-	2
5.7	Водорастворимые фосфаты			2	1	1	-	2
6.	Магнитные и магнитооптические кристаллы	6		2	2	0	-	2
6.1.	Ферриты и железо-содержащие гранаты			1	1	-	-	1
6.2.	Кристаллы для фарадеевских вращателей			1	1	-	-	1
7.	Сцинтилляционные кристаллы	42		3	14	7	-	18
	Основы сцинтилляции			1	1	1	-	4
	Щелочно-галлоидные кристаллы				3	1	-	2
	Селенид цинка			1	1	1	-	2
	Германат висмута				1	1	-	2
	Вольфрамат кадмия				2	1	-	2
	Силикат лютеция с церием				2	1	-	2
	Гранаты с церием				3	1	-	2
	Фторид церия			1	1	-	-	2
8.	Волоконно-оптические материалы	30		4	8	7	-	10

	Изготовление заготовок методами «порошок в трубе», вертикального осевого и наружного осаждения			1	2	2	-	4
	Изготовление заготовок методами модифицированного химического парофазного осаждения			1	2	2	-	2
	Вытягивание кварцевого волокна из заготовки			1	2	2	-	2
	Обзор специальных, в том числе, монокристаллических волокон			1	2	1	-	2
	ИТОГО	378	17	67	87	68	17	139
	Экзамен	72						
	ИТОГО	432						

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Важнейшие монокристаллы полупроводников, их свойства, методы получения и сферы применения

1.1. Кремний, Si

Кристаллическая структура Si. Физико-химические и электрофизические свойства кремния. Важность и методы глубокой очистки шихты для выращивания монокристаллов кремния. Важнейшие методы выращивания монокристаллов кремния. Сравнение. Сферы применения кристаллов кремния, выращенных различными методами. Послеростовая механическая обработка выращенных буль. Характерные дефекты в монокристаллах кремния, методы их диагностики и влияние на свойства кристаллов. Важнейшие примеси в кремнии. Управление типом проводимости и создание р-п переходов в кристалле. Фотолитография. Технология мульткристаллического кремния. Его применение.

1.2. Карбид кремния, SiC

Кристаллическая структура SiC. Понятие политипов, важнейшие политипы карбида кремния, их физико-химические и электрофизические свойства. Преимущества и недостатки SiC по сравнению с кремнием. Фазовая диаграмма SiC. Основные методы синтеза шихты и получения моно- и поликристаллического SiC различной степени примесной чистоты. Достигнутые показатели качества монокристаллов и характерные дефекты. Реализованные и перспективные области применения моно- и поликристаллов SiC.

1.3. Алмаз, C

Кристаллическая структура, уникальные физико-химические и электрофизические свойства кристалла, сферы применения. Физическая классификация природных алмазов. Важнейшие собственные и примесные центры окраски и методы окрашивания природных алмазов. Фазовая Р-Т диаграмма углерода. Основные методы получения поли- и монокристаллов искусственных алмазов: взрывные методы, химическое парофазное осаждение, выращивание из раствор-расплава.

1.4. Полупроводники типа $A^{III}B^V$

Важнейшие физико-химические и электрофизические свойства полупроводников типа $A^{III}B^V$. Прямозонные и непрямозонные полупроводники. Структура сфалерита и вюрцита, их взаимосвязь. Зависимость упругости паров компонента B^V от его атомного номера при температуре плавления полупроводника. Зависимость температуры плавления и ширины запрещенной зоны кристалла полупроводника от атомных номеров его компонентов. Зависимость подвижности электронов в кристалле полупроводника от атомного номера компонента A^{III} . Реализованные и перспективные области применения полупроводников типа $A^{III}B^V$. Монокристалл InSb как пример полупроводника $A^{III}B^V$. Свойства, выращивание, применение.

1.5. Арсенид галлия, GaAs

Структура, физико-химические и электрофизические свойства кристалла. Особенности зонной структуры GaAs. Локальный уровень EL-2 растворенный углерод, их значение с точки зрения получения полуизолирующего GaAs. Долины зоны проводимости GaAs и их значение для применения GaAs в качестве диодов

Ганна. Легирующие примеси и типы проводимости кристаллов. Фазовая диаграмма GaAs. Ретроградная растворимость. Селективная летучесть мышьяка из расплава при температуре плавления. Методы борьбы с этими проблемами. Методы синтеза шихты и выращивания кристаллов GaAs, сравнительный анализ. Области применения кристалла.

1.6. Нитрид галлия, GaN

Основные свойства и важнейшие сферы применения нитрида галлия и твердых растворов на его основе. Исторические вехи становления GaN как материала полупроводниковых светоизлучающих приборов. Основные сложности в получении объемных монокристаллов GaN. Важнейшие методы получения таких кристаллов: гидридная эпитаксия из паровой фазы, вертикальная направленная кристаллизация из раствора в расплаве с затравкой и без нее, аммонотермальный метод. Преимущества и недостатки этих методов, достигнутые на сегодняшний день результаты. Проблемы управления типом проводимости GaN. Получение эпитаксиальных пленок GaN. Используемые подложки. Проблема согласования параметров пленки GaN и подложек.

1.7. Полупроводники типа $A^{II}B^{VI}$

Важнейшие физико-химические и электрофизические свойства полупроводников типа $A^{II}B^{VI}$. Сходства и различия между ними и полупроводниками $A^{III}B^V$. Зависимость свойств и методов выращивания полупроводников типа $A^{II}B^{VI}$ от атомных номеров компонентов этих кристаллов. Реализованные и перспективные области применения полупроводников типа $A^{II}B^{VI}$. Монокристаллы ZnS, а также CdTe и твердые растворы на его основе как примеры полупроводников $A^{III}B^V$. Свойства, получение, применение.

1.8. Селенид цинка, ZnSe

ZnSe как материал для оптики дальнего ИК-диапазона, люминофоров, сцинтилляторов и лазерных матриц. Оптические, физико-химические и электрофизические свойства и допуски по оптическому качеству. Основные методы получения ZnSe в виде монокристаллов и оптической керамики: ВНК и сублимация-кристаллизация на затравку; горячее прессование, физическое и химическое парофазное осаждение: преимущества и недостатки. Проблемы легирования кристаллов ZnSe хромом и железом.

Раздел 2. Важнейшие функциональные монокристаллы, их свойства, методы получения и сферы применения

2.1. Лейкосапфир, Al_2O_3

Кристаллическая структура, физико-химические свойства, области применения. Важнейшие методы выращивания кристаллов: метод Киропулоса, Багдасарова и Степанова, преимущества и недостатки, характерные дефекты. Проблемы выращивания профилированных монокристаллов в форме полусферы. Особенности послеростовой механической обработки кристаллов.

2.2. Фианит и частично-стабилизированный диоксид циркония (ЧСЦ), $ZrO_2:Ln_2O_3$

Структура кристалла, уникальные механические прочностные, оптические и иные физико-химические свойства фианита и ЧСЦ. Фазовая диаграмма системы $ZrO_2 - Y_2O_3$. Суб-солидусные полиморфные переходы, проблемы полной и частичной стабилизации кубической и тетрагональной высокотемпературных фаз. Применяемые стабилизирующие примеси и их концентрации. Микроструктура ЧСЦ и зависимость его механических прочностных характеристик от концентрации стабилизирующей примеси. Рост кристаллов методом холодного тигля. Реализованные и потенциальные сферы применения данных материалов.

Раздел 3. Важнейшие оксидные лазерные и рамановские монокристаллы, их свойства, методы получения и сферы применения

3.1. Иттрий-алюминиевый гранат $Y_3Al_5O_{12}$ и иттрий-алюминиевый перовскит $YAlO_3$

Свойства и области применения иттрий-алюминиевого граната. Кристаллическая структура граната, различные катионные позиции, характерные для этой структуры. Возможности кристаллохимического конструирования путем частичного или полного замещения ионов Y^{3+} и/или Al^{3+} на другие ионы. Кристаллическая структура $YAlO_3$ и ее связь со структурой перовскита $CaTiO_3$. Свойства и области применения иттрий-алюминиевого перовскита. Фазовая диаграмма системы $Y_2O_3 - Al_2O_3$. Выращивание монокристаллов $Y_3Al_5O_{12}$ и $YAlO_3$. Технологические и кристаллохимические факторы, стабилизирующие фазы $Y_3Al_5O_{12}$ и $YAlO_3$. Характерные дефекты кристаллов и борьба с ними.

3.2. Ванадаты (YVO_4 , $GdVO_4$)

Кристаллическая структура и важнейшие свойства ванадатов. Уникальные особенности спектрально-люминесцентных свойств редкоземельных ионов-активаторов в этих матрицах. Преимущества и недостатки данных лазерных матриц. Особенности выращивания кристаллов из расплава. Летучесть V_2O_5 и образование центров окраски на кислородных вакансиях.

3.3. Сексвиоксиды Ln_2O_3

Кристаллическая структура и важнейшие свойства сексвиоксидов редкоземельных ионов. Уникальные особенности и области применения данных кристаллов. Тигельные и бестигельные методы выращивания данных кристаллов, преимущества и недостатки данных методов. Оптическая керамика на основе данных кристаллов.

3.4. Фтор-апатит $Ca_5(PO_4)_3F$

Кристаллическая структура фтор-апатита. Локализация трехвалентных редкоземельных активаторов в данной матрице, коэффициенты распределения активаторов и проблемы зарядовой компенсации гетеровалентного вхождения активаторов в структуру кристалла. Уникальные особенности спектрально-люминесцентных свойств редкоземельных ионов-активаторов в этой матрице. Важнейшие свойства, преимущества и недостатки данной лазерной матрицы. Выращивание кристаллов из расплава. Особенности введения фосфора и фтора в состав шихты.

3.5. Разупорядоченные боросиликаты

Особенности структурно-разупорядоченных монокристаллов и их влияние на спектрально-люминесцентные характеристики редкоземельных активаторов. Преимущества и недостатки по сравнению с упорядоченными кристаллами. Характерные особенности разупорядоченных боратов и силикатов с апатитоподобными структурами. Выращивание данных кристаллов.

3.6. Моноклинные вольфраматы $\text{KLn}(\text{WO}_4)_2$

Кристаллическая структура кристаллов $\text{KLn}(\text{WO}_4)_2$. Механизмы формирования частичной структурной разупорядоченности данной группы кристаллов. Уникальные особенности спектрально-люминесцентных свойств редкоземельных ионов-активаторов в этой матрице. Важнейшие свойства, преимущества и недостатки данной группы лазерных матриц. Факторы, не позволяющие выращивать данные кристаллы напрямую из расплава. Выращивание кристаллов из раствора в расплаве. Применяемый высокотемпературный растворитель и его начальные концентрации в маточной среде. Типичные ростовые условия. Коэффициенты распределения редкоземельных активаторов в $\text{KLn}(\text{WO}_4)_2$.

3.7. Тетрагональные (шеелитоподобные) вольфраматы и молибдаты $\text{ALn}(\text{TO}_4)_2$

Кристаллическая структура шеелита и шеелитоподобных кристаллов двойных молибдатов и вольфраматов. Преимущества и проблемы кристаллов шеелита и повеллита как лазерных матриц. Механизмы формирования частичной структурной разупорядоченности кристаллов двойных молибдатов и вольфраматов. Важнейшие физико-химические и спектрально-люминесцентные свойства данной группы кристаллов. Выращивание кристаллов из расплава. Типичные ростовые условия. Области применения данных кристаллов в фотонике.

3.8. Титан-сапфир $\text{Ti}:\text{Al}_2\text{O}_3$

Преимущества сапфира как лазерной матрицы для легирования ионами Ti^{3+} . Структурная локализация ионов Ti^{3+} в данном кристалле. Проблемы стабилизации трехвалентного состояния титана в кристалле. Технологические особенности получения монокристаллов титан-сапфира по сравнению с лейкосапфиром. Применяемые методы выращивания, атмосферы и тигли. Фазовая диаграмма $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Ti}_2\text{O}_3$ и коэффициент распределения ионов Ti^{3+} между кристаллом $\text{Ti}:\text{Al}_2\text{O}_3$ и расплавом.

3.9. Оксидные кристаллы, легированные ионами хрома

Александрит и форстерит, легированные ионами хрома как лазерные кристаллы. Структура и важнейшие физико-химические свойства данных кристаллов. Возможные виды валентных состояний и структурных локализаций ионов хрома в данных матрицах, их влияние на спектрально-люминесцентные характеристики кристаллов. Проблемы стабилизации четырехвалентного состояния ионов хрома в кристалле хром-форстерита. Выращивание кристаллов из расплава, коэффициенты распределения хрома в кристаллах. Влияние ростовой атмосферы и зарядовых компенсаторов на вхождение различных валентных форм хрома в кристалл хром-форстерита. Кристалл иттрий-алюминиевого граната как матрица для ионов Cr^{4+} . Спектрально-люминесцентные характеристики ионов Cr^{4+} в данной матрице.

Особенности выращивания кристалла $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, легированного ионами Cr^{4+} . Проблема зарядовой компенсации гетеровалентного вхождения ионов Cr^{4+} в структуру кристалла. Окислительный отжиг как способ влияния на соотношение концентраций ионов хрома различных валентных состояний и структурных локализаций в кристалле $\text{Cr: Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$.

3.10. Важнейшие кристаллы для пассивных лазерных затворов

Кристалл $\text{Cr}^{4+}:\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ как пассивный лазерный затвор. Предназначение и основные свойства, актуальные с точки зрения использования кристалла в данном качестве. Благородная шпинель, активированная ионами Co^{2+} . Нормальная, обращенная и разупорядоченная шпинель. Структура, спектральные, оптические, термические и механические прочностные свойства. Проблемы выращивания кристалла из расплава, ростовые параметры. Паразитные оптические центры кобальта и характерные ростовые дефекты в кристаллах.

Раздел 4. Важнейшие лазерные кристаллы фторидов

4.1. Общие особенности кристаллов фторидов

Преимущества и недостатки монокристаллов фторидов как лазерных матриц по сравнению с оксидными кристаллами. Особенности получения кристаллов фторидов. Синтез компонентов шихты. Пирогидроллиз и его влияние на оптическое качество кристаллов. Способы борьбы с пирогидроллизом. Составы фторирующих ростовых атмосфер, их преимущества и недостатки, способы создания. Вещества-чистильщики: механизмы их работы и индикаторы протекания соответствующих реакций. Взаимодействие фторирующих атмосфер и чистильщиков с материалами тиглей и тепловых экранов при высоких температурах.

4.2. Кристаллы фторидов со структурой флюорита AF_2

Флюорит: кристаллическая структура, гетеровалентное вхождение трехвалентных редкоземельных активаторов в структуру кристалла и механизмы зарядовой компенсации такого вхождения. Возникающие при этом точечные дефекты и их влияние на спектрально-люминесцентные свойства кристаллов. Важнейшие оптические и физико-химические свойства кристалла, основные области применения. Способы выращивания кристалла, используемые материалы тиглей, атмосферы, чистильщики. Характерные дефекты в кристалле. Обзор кристаллов, изоструктурных флюориту.

4.3. Кристаллы фторидов со структурой шеелита LnLiF_4

Составы, структурные особенности и специфики свойств кристаллов данного семейства в зависимости от химического состава. Применение данных кристаллов. Квази-бинарная фазовая диаграмма системы $\text{LiF} - \text{YF}_3$, характер плавления кристалла YLF . Выращивание кристалла: методы, материалы тиглей, исходные составы расплавов, коэффициенты распределения примесей между кристаллом и расплавом. Ростовые проблемы и пути их решения, характерные дефекты в кристаллах

4.4. Кристаллы со структурой кальквирита LiABF_6

Структура кристаллов фторидов семейства кальквирита. Кристаллографические

позиции, в которые входят легирующие примеси хрома и церия. Коэффициенты распределения указанных примесей и проблемы зарядовой компенсации при таком вхождении. Важнейшие оптические и физико-химические свойства кристаллов. Основные спектрально-люминесцентные характеристики вышеуказанных легирующих примесей в данных матрицах. Сферы применения кристаллов данного семейства. Характер плавления кристаллов и особенности технологии их выращивания. Коммерчески доступные размеры кристаллов на сегодняшний день. Характерные дефекты в кристаллах и борьба с ними.

4.5. Кристаллы LiF с центрами окраски

Структура кристалла LiF и основные физико-химические и оптические свойства данного кристалла. Важнейшие виды центров окраски, характерные для фторида лития, их структуры, спектрально-люминесцентные характеристики, а также возможности применения в фотонике. Методы получения кристаллов. Технологические приемы и режимы, позволяющие формировать в кристаллах LiF те или иные виды центров окраски.

Раздел 5. Пьезо- и сегнетоэлектрики, нелинейно-оптические кристаллы

5.1. Кварц SiO₂

Сущность прямого и обратного пьезоэлектрических эффектов и области применения этих эффектов. Особые виды симметрии кристаллов, в которых возможны данные эффекты. Структурные модификации SiO₂ и полиморфные переходы между ними. Важнейшие свойства кристалла, а также расплава SiO₂. Зависимость величины и знака пьезоэлектрического эффекта в кристаллах кварца от кристаллографического направления, механизмы, объясняющие эту зависимость. Выращивание кристаллов гидротермальным методом, используемые технологические режимы и минерализаторы. Преимущества и недостатки минерализаторов разных видов. Коммерчески доступные размеры получаемых кристаллов. Характерные дефекты в кристаллах.

5.2. Ниобат и танталат лития LiNbO₃, LiTaO₃

Преимущества и недостатки ниобата и танталата лития как нелинейно-оптических кристаллов по сравнению с кварцем. Важнейшие области применения ниобата и танталата лития. Кристаллическая структура LiNbO₃ и LiTaO₃. Точка Кюри и фазовый переход между пара- и сегнетоэлектрической фазой, изменения в структуре, происходящие в рамках такого перехода. Важнейшие физико-химические, оптические и электро-оптические свойства кристаллов. Фазовая диаграмма LiNbO₃, стехиометрический и конгруэнтно-плавящийся состав кристалла. Выращивание монокристаллов, ростовые режимы и параметры. Причины и уровни легирования кристаллов магнием. Коммерчески доступные размеры получаемых кристаллов. Характерные дефекты в кристаллах. Основное отличие сегнетоэлектриков от пьезоэлектриков. Способы монодоменизации кристаллов LiNbO₃, получение периодически поляризованных структур. Конфигурация и ориентация доменов в данном кристалле.

5.3. Титанил-фосфат калия KTiOPO₄ (КТП)

Преимущества и недостатки кристалла, основные области его применения. Кристаллическая структура КТП. Точка Кюри и фазовый переход между пара- и сегнетоэлектрической фазой, изменения в структуре, происходящие в рамках такого перехода. Подвижность ионов калия в структуре кристалла, возникающая при этом проблема «серых следов», борьба с этим явлением. Важнейшие физико-химические, оптические и электро-оптические свойства кристаллов. Получение кристаллов гидротермальным способом. Технологические режимы. Виды используемых минерализаторов, их преимущества и недостатки. Получаемые кристаллы, их размеры и качество. Получение кристаллов методом из раствора в расплаве. Используемые высокотемпературные растворители, их преимущества и недостатки. Размеры и качество получаемых кристаллов.

5.4. β -Борат бария BaB_2O_4 (ВВО)

Преимущества и недостатки ВВО как нелинейно-оптического кристалла, важнейшие области применения этого кристалла. Структура низкотемпературной β -модификации ВВО, ее связь со структурой высокотемпературной α -модификации. Особенности полиморфного превращения между этими двумя модификациями. Важнейшие физико-химические свойства кристалла и расплава ВВО. Оптические и нелинейно-оптические свойства ВВО. Фазовая диаграмма квазибинарной системы $\text{BaO}-\text{B}_2\text{O}_3$, характер плавления кристалла ВВО. Синтез шихты различными способами. Попытки выращивания кристалла методом Чохральского, ростовые режимы, позволяющие получать таким способом β -модификацию ВВО. Выращивание кристаллов из раствора в расплаве, опробованные высокотемпературные растворители, их преимущества и недостатки. Применяемые ростовые параметры, достигнутые размеры кристаллов. Характерные дефекты в кристалле и борьба с ними.

5.5. Триборат лития LiB_3O_5 (ЛВО)

Преимущества и основные области применения кристалла, достигнутые на сегодняшний день размеры и оптическое качество образцов кристалла. Кристаллическая структура ЛВО, формы координационных полиэдров вокруг ионов бора, преимущества кристалла, являющееся следствием данных форм. Физико-химические свойства кристалла, температура и характер плавления. Оптические и нелинейно-оптические характеристики кристалла. Некритический фазовый синхронизм в кристаллах ЛВО. Выращивание кристалла с помощью раствор-расплавных технологий. Применяемые высокотемпературные растворители, их преимущества и недостатки. Ростовые параметры и режимы.

Раздел 6. Магнитные и магнитооптические кристаллы

6.1. Железо-иттриевый гранат (феррит) $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ (ЖИГ)

Структура кристалла, валентные состояния и виды структурной локализации ионов железа в кристалле, обусловленный этим тип магнитной упорядоченности кристалла ЖИГ. Основные физико-химические и оптические свойства кристалла, спектральный диапазон его магнитооптических применений. Выращивание кристалла ЖИГ из раствора в расплаве. Основной используемый вид высокотемпературных растворителей, его преимущества и недостатки, альтернативные растворители. Технологические режимы роста. Получение эпитаксиальных пленок ЖИГ: методы получения, используемые подложки, ориентация их рабочей поверхности. Основные

виды применения кристалла и пленок ЖИГ, основанные на явлении Фарадеевского вращения. Удельное вращение и магнито-оптический ФОМ, их спектральная зависимость. Устройство и принцип действия магнито-оптического изолятора. Ферромагнитный резонанс, его добротность и возможности частотной перестройки в кристалле ЖИГ. Практические применения ферромагнитного резонанса в кристалле ЖИГ.

Раздел 7. Сцинтилляционные кристаллы

7.1. Введение

Явление сцинтилляции. Основные виды взаимодействий частиц (квантов) высоких энергий с веществом, приводящие к сцинтилляции. Устройство сцинтилляционных датчиков и роль сцинтиллирующих кристаллов в этих датчиках. Важнейшие параметры сцинтиллирующих кристаллов: световыход, температурный коэффициент световыхода, энергетическое разрешение, порог чувствительности, спектр высвечивания, время высвечивания и послесвечение, эффективный атомный номер. Радиационная стойкость кристаллов сцинтилляторов, основные механизмы деградации кристаллов под действием ионизирующих излучений. Преимущества монокристаллов как сцинтилляторов по сравнению со стеклами, полимерами и жидкостями аналогичного функционального назначения.

7.2. Щелочно-галлоидные кристаллы, легированные таллием NaI(Tl), CsI(Tl)

Кристаллическая структура, важнейшие физико-химические и сцинтилляционные свойства данных кристаллов, их преимущества и недостатки. Зависимость сцинтилляционных характеристик кристаллов от примесной чистоты. Основные методы выращивания и дальнейшей оптической обработки кристаллов. Важнейшие технологические параметры. Достигнутые на сегодняшний день размеры кристаллов.

7.3. Селенид цинка, легированный теллуром ZnSe(Te)

Кристаллическая структура, важнейшие физико-химические, оптические и сцинтилляционные свойства кристалла. Зависимость люминесцентных характеристик кристалла от наличия/отсутствия примеси теллура и способов послеростовой обработки кристаллов, версии природы центров люминесценции. Преимущества и недостатки, области применения данного сцинтиллятора. Обзор важнейших методов выращивания монокристаллов и синтеза прозрачной керамики ZnSe(Te).

7.4. Германат висмута Bi₄Ge₃O₁₂

Кристаллическая структура, важнейшие физико-химические свойства данного кристалла, его преимущества и недостатки, важнейшие области применения. Сцинтилляционные характеристики кристалла и их зависимость от примесной чистоты. Выращивание кристалла методом Чохальского, важнейшие технологические параметры, характерные дефекты. Достигнутые на сегодняшний день размеры кристаллов.

7.5. Вольфрамат кадмия CdWO₄

Кристаллическая структура, важнейшие физико-химические свойства данного кристалла, его преимущества и недостатки, важнейшие области применения. Сцинтилляционные характеристики кристалла, природа люминесцирующих центров.

Специфики люминесцентных свойств, позволяющие разделить различить α - и γ -излучения с помощью данного сцинтиллятора. Механизмы, обеспечивающие возможность регистрации потока тепловых нейтронов с помощью CdWO_4 . Методы выращивания кристалла, важнейшие проблемы и технологические ростовые параметры, характерные дефекты в кристаллах и борьба с ними. Особые требования к примесной чистоте сырья для выращивания кристаллов. Достигнутые на сегодняшний день размеры кристаллов.

7.6. Ортосиликат лютеция, активированный ионами церия $\text{Ce}^{3+}:\text{Lu}_2\text{SiO}_5$

Кристаллическая структура, распределение активатора по структурно-неэквивалентным кристаллографическим позициям матрицы. Важнейшие физико-химические свойства данного кристалла, его преимущества и недостатки, важнейшие области применения. Спектральные и сцинтилляционные характеристики кристалла. Мелкие ловушки как причина послесвечения в кристалле. Выращивание кристалла методом Чохральского, технологические ростовые параметры. Технологические приемы, позволяющие продлить сроки службы иридиевых тиглей, используемых при выращивании. Послеростовой отжиг. Характерные дефекты в кристаллах и борьба с ними. Достигнутые на сегодняшний день размеры кристаллов.

7.7. Гранаты с церием

Лютеций-алюминиевый гранат, активированный церием, $\text{Ce}:\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$. Важнейшие спектральные, сцинтилляционные и иные свойства кристалла, его преимущества и недостатки. Выращивание кристалла методом Чохральского, технологические ростовые режимы. Варианты возможных сочетаний «материал тигля – ростовая атмосфера». Достигнутые на сегодняшний день размеры кристаллов. Важнейший характерный точечный дефект, обуславливающий послесвечение кристалла, механизмы возникновения послесвечения за счет этого дефекта. Кристаллохимическое конструирование, приводящее к решению данной проблемы. Кристалл $\text{Ce}:\text{Gd}_3\text{Al}_2\text{Ga}_3\text{O}_{12}$ как оптимальный результат такого конструирования. Основные сцинтилляционные характеристики этого кристалла. Выращивание кристалла методом Чохральского, технологические ростовые режимы. Достигнутые на сегодняшний день размеры кристаллов $\text{Ce}:\text{Gd}_3\text{Al}_2\text{Ga}_3\text{O}_{12}$.

7.8. Фторид церия CeF_3

Важнейшие спектральные и сцинтилляционные характеристики кристалла. Кристаллическая структура, механические прочностные и иные свойства CeF_3 . Его преимущества и недостатки. Синтез шихты для выращивания кристалла, меры по предотвращению пирогидролита фторида церия во время его выращивания, важные особенности этих мер по сравнению с таковыми, используемыми для других фторидов. Выращивание кристалла методом Чохральского и Бриджмена, технологические ростовые режимы, материалы технологической оснастки. Достигнутые на сегодняшний день размеры кристаллов CeF_3 .

Раздел 8. Волоконно-оптические материалы

8.1. Изготовление заготовок методом «порошок в трубе».

Заготовка для вытягивания оптоволокна, ее предназначение и химический состав. Общие требования к примесной чистоте реактивов, а также к чистоте помещений, в

которых изготавливаются заготовки. Негативная роль влаги, и способы избавления от нее при изготовлении заготовок. Суть и техническое исполнение метода «порошок в трубе», его преимущества, недостатки и области применения. Изготовление этим методом заготовок для многосердцевидных волокон и волокон с полыми сердцевинами. Этапы изготовления заготовки этим методом.

8.2. Изготовление заготовок методом наружного парофазного осаждения

Суть и техническое исполнение метода наружного парофазного осаждения. Этапы изготовления заготовки этим методом. Преимущества, недостатки и области применения метода.

8.3. Изготовление заготовок методом вертикального осевого осаждения

Суть и техническое исполнение метода вертикального осевого осаждения. Сходства и отличия этого метода от выращивания кристаллов методом Вернейля. Этапы изготовления заготовки этим методом. Преимущества, недостатки и области применения метода.

8.4. Изготовление заготовок методами модифицированного химического парофазного осаждения.

Суть и техническое исполнение метода модифицированного химического парофазного осаждения (MCVD). Модификации этого метода, FCVD и PCVD. Этапы изготовления заготовки этими методами. Преимущества, недостатки и области применения метода. Особенности изготовления этими методами заготовок для активных волокон, легированных 4f или 3d-ионами.

8.5. Вытягивание кварцевого волокна из заготовки

Суть и техническое исполнение процесса вытягивания кварцевого волокна из заготовки. Технологические параметры и режимы. Система автоматического поддержания диаметра волокна. Ламинарный режим вытягивания как залог воспроизведения конфигурации заготовки в волокне. Свето-отвердевающая полимерная оболочка волокна и ее роль.

8.6. Обзор специальных, в том числе, монокристаллических волокон

Ограничения по использованию кварцевых волокон в фотонике. Волокна для среднего и дальнего ИК-диапазонов. Волокна из галогенидных, халькогенидных и теллуритных стекол. Их основные свойства, преимущества и недостатки, особенности получения и области применения. Монокристаллические волокна на основе тугоплавких оксидов. Их основные свойства, преимущества и недостатки, области применения. Важнейшие способы получения тугоплавких монокристаллических волокон. Смысл и способы создания в них радиального градиента показателей преломления.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7	Раздел 8
	Знать:								
1	– Важнейшие современные полупроводниковые, функциональные, лазерные и нелинейно-оптические монокристаллы, а также основные типы оптических волокон, их основные свойства, технологию производства и сферы применения;	+	+	+	+	+	+	+	+
2	– Основные современные проблемы материаловедения в области создания новых и совершенствования традиционных монокристаллических и волоконно-оптических материалов для квантовой электроники, волоконной и нелинейной оптики;			+	+	+	+		+
	Уметь:								
3	– грамотно поставить эксперимент по выращиванию, а также исследованию структурных, физико-химических, кристаллохимических, термомеханических и иных характеристик монокристаллических материалов, относящихся к различным классам химических веществ и соединений, в том числе – корректно произвести подготовку выращенного образца к тому или иному виду его исследований;	+		+	+	+	+	+	

4	– правильно интерпретировать и проанализировать результаты отдельных экспериментов такого рода, а также систематизировать и обобщать результаты серий таких экспериментов с учетом имеющихся литературных данных, в том числе - критически осмыслить обнаруженные экспериментальные зависимости и тенденции с точки зрения их статистической значимости с учетом случайных и систематических погрешностей измерений;	+		+	+	+	+	+	
	– подготовить научную публикацию, доклад на научном мероприятии и раздел квалификационной работы по результатам таких экспериментов.	+	+	+		+		+	+
	Владеть:								
5	- основной специальной русско- и англоязычной терминологией, применяемой в таких областях науки, как физическое материаловедение, рост кристаллов, квантовая электроника, волоконная и нелинейная оптика;	+	+	+	+	+	+		+
6	– навыками поиска в библиотеках и в электронных ресурсах научно-технической литературы информации по физическому материаловедению, росту кристаллов, квантовой электронике, волоконной и нелинейной оптике, по соответствующим разделам химии, физики и физической химии твердого состояния, физической электроники. Быть способным выделить в большом объеме научно-технической информации важные с точки зрения конкретной тематики исследования моменты, не тратя время на изучение информации, второстепенной с этой точки зрения....		+		+		+		+
7	– навыками общения со своими будущими коллегами – представителями смежных профессий (прежде всего, физиков и технического персонала) с использованием хорошо известных им терминов, понятий и категорий.	+		+			+	+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</u>									
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК							

8	ПК-2 Способен к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи	ПК-2.3 Владеет навыками соотнесения результатов собственной научной работы с отечественным и зарубежным опытом по тематике исследования.		+		+		+		+
9	ПК-4 Способен разрабатывать новые материалы и изделия электроники и нанoeлектроники.	ПК-4.1 Знает физические принципы работы материалов и изделий электроники и нанoeлектроники.	+		+		+		+	+
10		ПК-4.2 Умеет подбирать материалы для создания изделий электроники и нанoeлектроники с заданными функциональными свойствами.	+		+	+				+
11		ПК-4.3 Владеет навыками создания материалов и изделий электроники и нанoeлектроники с заданными свойствами.	+		+	+				+
12	ПК-5 Способен осуществлять комплексный анализ научных основ технологии новых материалов и изделий электроники и нанoeлектроники.	ПК-5.1 Знает современные требования к функциональным характеристикам материалов и изделий электроники и нанoeлектроники.	+	+					+	+
13		ПК-5.2 Умеет модифицировать имеющиеся материалы для нужд создания новых изделий электроники и нанoeлектроники.	+		+	+			+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Расширение знаний алгоритмов поиска, оценки и анализа научно-технической информации по кристаллам кремния	3
2	1	Повышение уровня умений обобщать и систематизировать научно-техническую информацию по кристаллам карбида кремния	3
3	1	Закрепление навыков соотнесения результатов собственной научной работы по исследованиям монокристаллов, нанопорошков и поликристаллических пленок алмаза с отечественным и зарубежным опытом	2
4	1	Расширение знаний физических принципов работы материалов и изделий электроники и нанoeлектроники на основе арсенида галлия	3
5	1	Повышение уровня умений подбирать материалы на основе нитрида галлия для создания изделий электроники и нанoeлектроники с заданными функциональными свойствами	3
6	1	Закрепление навыков создания материалов и изделий электроники и нанoeлектроники с заданными свойствами на основе полупроводников типа $A^{III}B^V$	2
7	1	Расширение знаний о современных требованиях к функциональным характеристиками монокристаллов и керамик номинально-чистого и легированного ионами Cr^{2+} и Fe^{2+} селенида цинка	2
8	1	Повышение уровня умений модифицировать кристаллы полупроводников типа $A^{II}B^{VI}$ для создания новых изделий электроники и нанoeлектроники на их основе	2
9	1	Закрепление навыков по измерению функциональных характеристик материалов и изделий электроники и нанoeлектроники на основе бинарных полупроводников не сфалеритно-вюрцитного ряда	2
10	2	Расширение знаний алгоритмов поиска, оценки и анализа научно-технической информации по кристаллам лейкоаппифра	2

11	2	Повышение уровня умений обобщать и систематизировать научно-техническую информацию по кристаллам флюорита и наноструктурированным монокристаллах ЧСЦ	3
12	3	Закрепление навыков и умений соотносить результаты собственной научной работы по исследованиям монокристаллов иттрий-алюминиевого граната и иттрий-алюминиевого перовскита с отечественным и зарубежным опытом	2
13	3	Расширение знаний физических принципов работы материалов и изделий лазерной техники на основе кристаллов ванадатов	3
14	3	Повышение уровня умений подбирать материалы на основе монокристаллов селенидов редкоземельных ионов нитрида галлия для создания изделий фотоники, электроники и нанoeлектроники с заданными функциональными свойствами	2
15	3	Расширение знаний о современных требованиях к функциональным характеристиками монокристаллов фосфатов со структурой апатита	2
16	3	Повышение уровня умений модифицировать кристаллы разупорядоченных боросиликатов для создания новых изделий фотоники, электроники и нанoeлектроники на их основе	3
17	3	Закрепление навыков по измерению функциональных характеристик материалов и изделий фотоники, электроники и нанoeлектроники на основе моноклинных и тетрагональных вольфраматов и молибдатов	3
18	3	Расширение знаний алгоритмов поиска, оценки и анализа научно-технической информации по кристаллам титан-сапфира	2
19	3	Повышение уровня умений обобщать и систематизировать научно-техническую информацию по оксидным лазерным кристаллам, легированным ионами хрома	4
20	3	Закрепление навыков сопоставления результатов собственной научной работы по исследованиям важнейших монокристаллов для пассивных лазерных затворов с отечественным и зарубежным опытом	2
21	4	Расширение знаний физических принципов работы материалов и изделий фотоники, электроники и нанoeлектроники на основе кристаллов фторидов со структурой флюорита	1
22	4	Повышение уровня умений подбирать материалы	1

		на основе кристаллов фторидов со структурой шеелита для создания изделий фотоники, электроники и наноэлектроники с заданными функциональными свойствами	
23	4	Закрепление навыков создания материалов и изделий фотоники, электроники и наноэлектроники с заданными свойствами на основе кристаллов со структурой кальквирита	1
24	4	Расширение знаний о современных требованиях к функциональным характеристиками монокристаллов LiF с центрами окраски	1
25	5	Повышение уровня умений модифицировать кристаллы кварца для создания новых изделий электроники и наноэлектроники на их основе	1
26	5	Закрепление навыков по измерению функциональных характеристик материалов и изделий электроники и наноэлектроники на основе монокристаллов ниобата и танталата лития	2
27	5	Расширение знаний алгоритмов поиска, оценки и анализа научно-технической информации по кристаллам титанил-фосфата калия	2
28	5	Повышение уровня умений обобщать и систематизировать научно-техническую информацию по кристаллам бората бария	2
29	5	Закрепление навыков соотнесения результатов собственной научной работы по исследованиям монокристаллов трибората лития с отечественным и зарубежным опытом	2
30	6	Расширение знаний физических принципов работы материалов и изделий фотоники, электроники и наноэлектроники на основе железо-иттриевого и тербий-алюминиевого граната	3
31	7	Повышение уровня умений подбирать сцинтилляционные материалы на основе щелочно-галлоидных кристаллов для создания изделий электроники и наноэлектроники с заданными функциональными свойствами	2
32	7	Закрепление навыков создания сцинтилляционных материалов с заданными свойствами на основе кристалла селенида цинка	1
33	7	Расширение знаний о современных требованиях к функциональным характеристикам сцинтилляционных монокристаллов германата висмута	1
34	7	Повышение уровня умений модифицировать кристаллы вольфрамата кадмия для создания	2

		новых сцинтилляторов их основе	
35	7	Закрепление навыков по измерению функциональных характеристик сцинтилляционных материалов на основе ортосиликата лютеция, легированного ионами церия	1
36	7	Расширение знаний алгоритмов поиска, оценки и анализа научно-технической информации по сцинтилляционным кристаллам со структурой граната, активированным ионами церия	2
37	7	Повышение уровня умений обобщать и систематизировать научно-техническую информацию по сцинтилляционным кристаллам фторида церия	1
38	8	Закрепление навыков соотнесения результатов собственной научной работы по совершенствованию технологии изготовления заготовок для вытягивания кварцевого оптоволокна методом «порошок в трубе» с отечественным и зарубежным опытом	1
39	8	Расширение знаний физико-химических принципов технологии изготовления заготовок для вытягивания кварцевого оптоволокна методом наружного парофазного осаждения	1
40	8	Повышение уровня умений подбирать оптимальные технологические режимы изготовления заготовок для вытягивания кварцевого оптоволокна методом вертикального осевого осаждения	1
41	8	Закрепление навыков по совершенствованию технологии изготовления заготовок для вытягивания кварцевого оптоволокна методом модифицированного химического парофазного осаждения	1
42	8	Повышение уровня умений модифицировать технологию вытягивание кварцевого оптоволокна из заготовки	1
43	8	Расширение знаний о современных требованиях к функциональным характеристикам специальных, в том числе, монокристаллических оптоволокон	1

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Монокристаллы для фотоники и электроники», а также дает знания о различных методах выращивания кристаллов.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 32 балла (максимально по 8 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	9	Выращивание кристаллов методом ВНК	17
2	9	Выращивание кристаллов методом ГНК	17
3	9	Выращивание кристаллов методом Чохральского	17
4	9	Выращивание кристаллов из водных растворов	17

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает: ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;

- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче **зачета с оценкой** (1 семестр) , экзаменов (2, 3 семестры) и лабораторного практикума (3 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается:

- В первом семестре - из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме зачета с оценкой (максимальная оценка 40 баллов).
- Во втором семестре - из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме экзамена (максимальная оценка 40 баллов).
- В третьем семестре - из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 30 баллов), лабораторного практикума (максимальная оценка 30 балла) и итогового контроля в форме экзамена (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Реферативно-аналитической работы не предусмотрено

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 8 контрольных работ (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы 1,

2 и 3 (1-й семестр) составляет 60 баллов, по 20 баллов за каждую работу. Максимальная оценка за контрольные работы 4, 5 и 6 (2 семестр) составляет 60 баллов, по 20 баллов за каждую работу. Максимальная оценка за контрольные работы 7 и 8 (3 семестр) составляет 30 баллов, по 15 баллов за каждую работу.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 5 вопросов закрытого типа, по 4 балла за вопрос. На каждый вопрос предлагается по 5 вариантов ответа, как минимум, один из которых является правильным. Максимальное количество баллов за вопрос начисляется в случае указания студентом всех правильных ответов и неуказания им ни одного неправильного ответа. За каждый не указанный правильный ответ, а также за каждый ошибочно указанный неправильный ответ оценка снижается.

Вопрос 1.1.

Что из перечисленного является преимуществом кремния как полупроводникового монокристалла?	а	Очень высокие механические прочностные характеристики
	б	Очень высокая теплопроводность
	в	Относительная простота и дешевизна технологии получения крупных монокристаллов высокого качества
	г	малотоксичность исходной шихты
	д	высокая радиационная и химическая стойкость

Вопрос 1.2.

Что осложняет процесс выращивания монокристалла арсенида галлия из расплава?	а	Слишком высокая температура плавления
	б	Перитектический характер плавления
	в	Наличие области ретроградной растворимости на фазовой диаграмме
	г	Высокая упругость паров мышьяка при температуре плавления GaAs
	д	Высокая упругость паров галлия при температуре плавления GaAs

Вопрос 1.3.

Какую основную проблему при выращивании монокристаллов карбида кремния решает метод сэндвич-сублимации?	а	Инконгруэнтная сублимация
	б	Очень низкие коэффициенты вхождения легирующих примесей
	в	Образование микропор
	г	Получение чистого 6Н политипа
	д	Получение чистого 3С политипа

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 5 вопросов закрытого типа, по 4 балла за вопрос. На каждый вопрос предлагается по 5 вариантов ответа, как минимум, один из которых является правильным. Максимальное количество баллов за вопрос начисляется в случае указания студентом всех правильных ответов и неуказания им ни одного неправильного ответа. За каждый не указанный правильный ответ, а также за каждый ошибочно указанный неправильный ответ оценка снижается.

Вопрос 2.1.

Какие методы используются для промышленного выращивания монокристаллов лейкосапфира?	а	Киропулос
	б	Гидротермальный
	в	Горизонтальная направленная кристаллизация
	г	Степанов
	д	Метод холодного тигля

Вопрос 2.2.

Тигли из каких материалов используются при выращивании монокристаллов фианита?	а	Платина
	б	Иридий
	в	Вольфрам
	г	Пиролитический нитрид бора
	д	Оксид циркония

Вопрос 2.3.

По какому свойству ЧСЦ выглядит предпочтительнее фианита?	а	Теплопроводность
	б	Электропроводность
	в	Показатель преломления
	г	Трещиностойкость
	д	Химическая инертность и биосовместимость

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Контрольная работа содержит 5 вопросов закрытого типа, по 4 балла за вопрос. На каждый вопрос предлагается по 5 вариантов ответа, как минимум, один из которых является правильным. Максимальное количество баллов за вопрос начисляется в случае указания студентом всех правильных ответов и неуказания им ни одного неправильного ответа. За каждый не указанный правильный ответ, а также за каждый ошибочно указанный неправильный ответ оценка снижается.

Вопрос 3.1.

Какие преимущества кристалла $Y_3Al_5O_{12}$ сделали его столь популярной матрицей для активных сред твердотельных лазеров?	а	Высокие термомеханические характеристики
	б	Высокий коэффициент распределения неодима в данном кристалле
	в	Рекордно высокие пиковые удельные интенсивности спектральных полос редкоземельных активаторов
	г	Широкая область прозрачности в среднем ИК-диапазоне
	д	Простота выращивания с помощью стандартных расплавных технологий

Вопрос 3.2.

Какие дефекты характерны для монокристаллов ванадата иттрия при его выращивании методом Чохральского?	а	Ростовая полосчатость
	б	Гранный эффект
	в	Центры окраски на основе кислородных вакансий и ионов ванадия в низших степенях окисления
	г	Дефекты антиструктуры

	д	Включения побочных фаз на основе ионов ванадия в низших степенях окисления

Вопрос 3.3.

Что обычно используется в качестве высокотемпературного растворителя при выращивании кристаллов типа $\text{KGd}(\text{WO}_4)_2$ из раствора в расплаве	а	$\text{PbO} + \text{B}_2\text{O}_3$
	б	NaCl
	в	Молибдат лития
	г	Избыток Gd_2O_3
	д	Дефицит Gd_2O_3

Раздел 4. Примеры вопросов к контрольной работе № 4. Контрольная работа содержит 5 вопросов закрытого типа, по 4 балла за вопрос. На каждый вопрос предлагается по 5 вариантов ответа, как минимум, один из которых является правильным. Максимальное количество баллов за вопрос начисляется в случае указания студентом всех правильных ответов и неуказания им ни одного неправильного ответа. За каждый не указанный правильный ответ, а также за каждый ошибочно указанный неправильный ответ оценка снижается.

Вопрос 4.1.

К чему приводит пирогидролит при выращивании монокристаллов фторидов?	а	К частичному замещению ионов фтора ионами кислорода и, как следствие, к образованию включений оксидных и/или оксифторидных побочных фаз в кристаллах
	б	К частичному замещению ионов фтора ионами кислорода и, как следствие, к возникновению дополнительных видов фононов высоких энергий в кристаллах
	в	К частичному замещению ионов фтора гидроксил-ионами и, как следствие, к образованию включений побочных фаз гидроксидов в кристаллах
	г	К частичному замещению ионов фтора гидроксил-ионами и, как следствие, к возникновению дополнительных видов фононов высоких энергий в кристаллах
	д	К частичному замещению ионов фтора гидроксил-ионами и, как следствие, к возникновению специфических видов центров окраски в кристаллах

Вопрос 4.2.

Какой механизм зарядовой компенсации гетеровалентного вхождения редкоземельных активаторов превалирует в кристаллах типа флюорита?	а	Вакансии в катионной подрешетке
	б	Вакансии подрешетке фтора
	в	Ионы фтора в интерстициях
	г	Введение ионов Na^+
	д	Введение ионов O^{2-}

Вопрос 4.3.

Как решается проблема инконгруэнтного	а	Выращивание из раствора в расплаве с введением дополнительного компонента-

(перитектического) плавления при выращивании кристаллов LiYF_4 ?		флюса в расплав
	б	В расплав вводится небольшой избыток LiF
	в	В расплав вводится небольшой избыток YF_3
	г	Выращивание кристалла гидротермальным методом
	д	Никак: кристалл нормально растет из стехиометрического расплава с использованием стандартных расплавных технологий

Раздел 5. Примеры вопросов к контрольной работе № 5. Контрольная работа содержит 5 вопросов закрытого типа, по 4 балла за вопрос. На каждый вопрос предлагается по 5 вариантов ответа, как минимум, один из которых является правильным. Максимальное количество баллов за вопрос начисляется в случае указания студентом всех правильных ответов и не указания им ни одного неправильного ответа. За каждый не указанный правильный ответ, а также за каждый ошибочно указанный неправильный ответ оценка снижается.

Вопрос 5.1.

Что из перечисленного является недостатком кварца как пьезоэлектрического монокристалла?	а	Узкий диапазон окна прозрачности в ИК-диапазоне
	б	Низкая воспроизводимость функциональных свойств из-за наличия случайных примесей
	в	Низкие коэффициенты нелинейной диэлектрической восприимчивости
	г	Низкие коэффициенты электро-механической связи
	д	Высокая температурная зависимость пьезоэлектрических свойств

Вопрос 5.2.

Какие утверждения справедливы для кристаллов ниобата лития, выращиваемых из расплава стехиометрического состава?	а	Такие кристаллы характеризуются высокой однородностью состава по длине були даже если доля закристаллизованного расплава, изначально имевшегося в тигле, приближается к 100%
	б	Такие кристаллы характеризуются наилучшими для данной системы нелинейно-оптическими свойствами
	в	Такие кристаллы характеризуются максимально возможными для данной системы механическими прочностными свойствами
	г	Для таких кристаллов менее характерна ростовая полосчатость
	д	Фактический состав кристалла соответствует стехиометрии

Вопрос 5.3.

Какие структурные искажения в кристалле КТР, имеющие место ниже точки Кюри, обуславливают нелинейно-оптические свойства этого кристалла?	а	Небольшое моноклинное искажение орторомбической структуры
	б	Небольшое вытягивание титан-кислородных октаэдров вдоль оси 3 порядка
	в	Небольшое сплющивание титан-кислородных октаэдров вдоль оси 4 порядка
	г	Неравномерность распределения ионов K^+ по каналам структуры
	д	Небольшое смещение ионов Ti^{4+} от центров титан-кислородных октаэдров

Раздел 6. Примеры вопросов к контрольной работе № 6. Контрольная работа содержит 5 вопросов закрытого типа, по 4 балла за вопрос. На каждый вопрос предлагается по 5 вариантов ответа, как минимум, один из которых является правильным. Максимальное количество баллов за вопрос начисляется в случае указания студентом всех правильных ответов и неуказания им ни одного неправильного ответа. За каждый не указанный правильный ответ, а также за каждый ошибочно указанный неправильный ответ оценка снижается.

Вопрос 6.1.

В каких кристаллографических позициях железо-иттриевого граната локализуются ионы Fe^{3+}	а	Только в тетраэдрических
	б	Только в октаэдрических
	в	Только в додекаэдрических
	г	В октаэдрических и тетраэдрических
	д	В октаэдрических и додекаэдрических

Вопрос 6.2.

В каком спектральном диапазоне возможна работа железо-иттриевого граната в качестве магнитооптического материала?	а	В видимом
	б	В видимом и ближайшем ИК-диапазоне
	в	В видимом и ближайшем УФ-диапазоне
	г	В ИК-диапазоне, начиная от $\sim 1,2$ мкм
	д	Во всем оптическом диапазоне

Вопрос 6.3.

Что чаще всего используют в качестве высокотемпературного растворителя при выращивании кристаллов железо-иттриевого граната?	а	Молибдат лития
	б	Бивольфрамат калия
	в	Избыток оксида железа
	г	Смесь оксидов натрия и бора
	д	Смесь оксида и фторида свинца, а также оксида бора

Раздел 7. Примеры вопросов к контрольной работе № 7. Контрольная работа содержит 5 вопросов закрытого типа, по 3 балла за вопрос. На каждый вопрос предлагается по 5 вариантов ответа, как минимум, один из которых является правильным. Максимальное количество баллов за вопрос начисляется в случае указания студентом всех правильных ответов и неуказания им ни одного неправильного ответа. За каждый не указанный правильный ответ, а также за каждый ошибочно указанный неправильный ответ оценка снижается.

Вопрос 7.1.

Что такое энергетическое разрешение сцинтиллятора?	а	Дисперсия величины общего количества квантов излучения оптического диапазона, образующихся при взаимодействии одной частицы (кванта) ионизирующих излучений с материалом сцинтиллятора
	б	Дисперсия величины квантового выхода сцинтилляции
	в	Дисперсия величины энергетического КПД сцинтилляции
	г	Разброс величины общей энергии излучения оптического диапазона, выделяющейся при поглощении материалом сцинтиллятора 1 МэВ энергии ионизирующих излучений
	д	Дисперсия величины общего количества квантов излучения оптического диапазона, образующихся при поглощении материалом сцинтиллятора 1 МэВ энергии ионизирующих излучений

Вопрос 7.2.

Какими методами выращивают сцинтилляционные кристаллы NaI(Tl)?	а	Чохральский
	б	Киропулос
	в	Бриджмен
	г	Из водного раствора методом понижения температуры
	д	Из водного раствора методом испарения растворителя

Вопрос 7.3.

Какие важнейшие проблемы кристаллов лютеций-алюминиевого граната с церием решает частичное или полное замещение лютеция на гадолиний, а алюминия – на галлий в составе этих кристаллов?	а	Увеличение световых выхода сцинтилляции
	б	Улучшение энергетического разрешения сцинтилляции
	в	Укорочение времени высвечивания
	г	Уменьшение температурного коэффициента световых выхода сцинтилляции
	д	Энергия ловушек на основе дефектов антиструктуры становится больше ширины запрещенной зоны кристалла

Раздел 8. Примеры вопросов к контрольной работе № 8. Контрольная работа содержит 5 вопросов закрытого типа, по 3 балла за вопрос. На каждый вопрос предлагается по 5 вариантов ответа, как минимум, один из которых является правильным. Максимальное количество баллов за вопрос начисляется в случае указания студентом всех правильных ответов и неуказания им ни одного неправильного ответа. За каждый не указанный

правильный ответ, а также за каждый ошибочно указанный неправильный ответ оценка снижается.

Вопрос 8.1.

Какие методы используются для изготовления заготовок для вытягивания многосердцевидных волокон, а также волокон с полыми сердцевинами?	а	Порошок в трубе
	б	Наружное парофазное осаждение (OVD)
	в	Аксиальное парофазное осаждение (VAD)
	г	Модифицированное химическое парофазное осаждение (MCVD)
	д	Модифицированное плазмохимическое парофазное осаждение (PCVD)

Вопрос 8.2.

Какие методы используются для изготовления заготовок для вытягивания многосердцевидных волокон, а также волокон с полыми сердцевинами?	а	Порошок в трубе
	б	Наружное парофазное осаждение (OVD)
	в	Аксиальное парофазное осаждение (VAD)
	г	Модифицированное химическое парофазное осаждение (MCVD)
	д	Модифицированное плазмохимическое парофазное осаждение (PCVD)

Вопрос 8.3.

Преимуществами наружного парофазного осаждения (OVD) как метода изготовления заготовок для дальнейшего вытягивания волокон являются:	а	Возможность делать большие заготовки, пригодные для дальнейшего вытягивания длинных волокон
	б	Возможность делать заготовки для одномодовых и градиентных волокон
	в	Возможность делать заготовки для активных волокон иттербиевых волоконных лазеров
	г	Отсутствие необходимости проводить процесс в чистой комнате
	д	Простота оборудования

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (1-й семестр – зачет с оценкой, 2-й семестр – экзамен, 3-й семестр - экзамен).

Максимальное количество баллов за зачет с оценкой (1-й семестр) – 40 баллов, за экзамен (2-й семестр) – 40 баллов, за экзамен (3-й семестр) – 40 баллов,

8.3.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (1 семестр – зачет с оценкой).

Зачет с оценкой включает контрольные вопросы по разделам 1, 2 и 3, два вопроса по 1-му разделу, один вопрос по 2-му разделу и два вопроса по 3-му разделу. Максимальная оценка за каждый вопрос – 8 баллов. Полный перечень вопросов содержится в Фонде оценочных средств по дисциплине. Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы. Примеры контрольных вопросов по разделам:

Раздел 1:

1. Кристаллическая структура и физико-химические свойства кремния
2. Электрофизические свойства кремния в сравнении с другими полупроводниками.
3. Важность и методы глубокой очистки шихты для выращивания монокристаллов кремния.
4. Важнейшие методы выращивания монокристаллов кремния. Сравнение. Сферы применения кристаллов кремния, выращенных различными методами.
5. Послеростовая механическая обработка выращенных монокристаллов кремния. Важнейшие этапы.
6. Характерные дефекты в монокристаллах кремния, методы их диагностики и влияние на свойства кристаллов.
7. Важнейшие примеси в монокристаллах кремния. Управление типом проводимости и создание p-n переходов в кристалле. Фотолитография.
8. Технология мультикристаллического кремния. Его применение.
9. Кристаллическая структура и важнейшие физико-химические свойства арсенида галлия.
10. Электрофизические свойства кристалла арсенида галлия. Локальный уровень EL-2 растворенный углерод, их значение с точки зрения получения полуизолирующего GaAs.
11. Особенности зонной структуры GaAs. Долины зоны проводимости GaAs и их значение для применения GaAs в качестве диодов Ганна.
12. Прямозонный характер энергетической диаграммы арсенида галлия и его значение с точки зрения применения кристаллов в светоизлучающих структурах. Легирующие примеси и типы проводимости GaAs.
13. Фазовая диаграмма GaAs. Ретроградная растворимость избыточного мышьяка в GaAs. Методы борьбы с этой проблемой.
14. Селективная летучесть мышьяка из расплава при температуре плавления GaAs. Методы борьбы с этой проблемой.
15. Методы синтеза шихты и выращивания кристаллов GaAs, сравнительный анализ. Области применения кристалла.

Раздел 2:

1. Кристаллическая структура и полиморфные модификации лейкосапфира, физико-химические свойства.

2. Важнейшие методы выращивания кристаллов лейкосапфира: метод Киропулоса, Багдасарова. Используемые виды нагрева, материалы тиглей и тепловых экранов, ростовые атмосферы. преимущества и недостатки.
3. Выращивание профилированных кристаллов лейкосапфира методом Степанова. Проблемы выращивания монокристаллов в форме полусферы.
4. Характерные дефекты в монокристаллах лейкосапфира, выращиваемых различными методами. Особенности послеростовой механической обработки кристаллов.
5. Фианит и частично-стабилизированный диоксид циркония: Структура кристалла, уникальные механические прочностные, оптические и иные физико-химические свойства. Области применения.
6. Фазовая диаграмма системы $ZrO_2 - Y_2O_3$. Суб-солидусные полиморфные переходы, проблемы полной и частичной стабилизации кубической и тетрагональной высокотемпературных фаз.
7. Микроструктура ЧСЦ и зависимость его механических прочностных характеристик от концентрации стабилизирующей примеси.
8. Рост кристаллов методом холодного тигля. Реализованные и потенциальные сферы применения данных материалов.

Раздел 3:

1. Важнейшие физико-химические свойства и области применения монокристаллов иттрий-алюминиевого граната.
2. Кристаллическая структура граната, различные катионные позиции, характерные для этой структуры. Возможности кристаллохимического конструирования.
3. Кристаллическая структура $YAlO_3$ и ее связь со структурой перовскита $CaTiO_3$. Свойства и области применения иттрий-алюминиевого перовскита.
4. Фазовая диаграмма системы $Y_2O_3 - Al_2O_3$. Выращивание монокристаллов $Y_3Al_5O_{12}$ и $YAlO_3$ методом Чохральского. Технологические и кристаллохимические факторы, стабилизирующие фазы $Y_3Al_5O_{12}$ и $YAlO_3$.
5. Характерные дефекты кристаллов $Y_3Al_5O_{12}$ и $YAlO_3$ при их выращивании методом Чохральского, борьба с этими дефектами.
6. Структура кристаллов $KLn(WO_4)_2$. Механизмы формирования частичной структурной разупорядоченности данной группы кристаллов.
7. Важнейшие физико-химические свойства кристаллов $KLn(WO_4)_2$. Преимущества и недостатки данной группы лазерных матриц.
8. Уникальные особенности спектрально-люминесцентных свойств редкоземельных ионов-активаторов в кристаллах $KLn(WO_4)_2$, а также Рамановских свойств данных.
9. Выращивание кристаллов $KLn(WO_4)_2$ из раствора в расплаве. Применяемый высокотемпературный растворитель и ростовые условия. Коэффициенты распределения редкоземельных активаторов в $KLn(WO_4)_2$.

8.3.2 Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (2-й семестр – экзамен).

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по разделам 4, 5 и 6 рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса. 1-й вопрос – 15 баллов, вопрос 2 – 15 баллов, вопрос 3 – 10 баллов. Полный перечень вопросов содержится в Фонде оценочных средств по дисциплине. Примеры контрольных вопросов по разделам:

Раздел 4:

1. Преимущества и недостатки монокристаллов фторидов как лазерных матриц по сравнению с оксидными кристаллами.

2. Пирогидролиз монокристаллов фторидов и его влияние на оптическое качество и спектральные характеристики образцов. Способы борьбы с пирогидролизом.
3. Составы фторирующих атмосфер, используемых при выращивании монокристаллов фторидов, их преимущества и недостатки, способы создания. Взаимодействие фторирующих атмосфер с материалами тиглей и тепловых экранов при высоких температурах.
4. Вещества-чистильщики, используемые при выращивании монокристаллов фторидов: механизмы их работы и индикаторы протекания соответствующих реакций. Взаимодействие чистильщиков с материалами тиглей при высоких температурах.
5. Флюорит: кристаллическая структура и важнейшие физико-химические свойства. Важнейшие области применения кристалла.
6. Гетеровалентное вхождение редкоземельных ионов-активаторов в структуру кристалла флюорита и механизмы зарядовой компенсации такого вхождения. Возникающие при этом точечные дефекты и их влияние на спектрально-люминесцентные свойства кристаллов.
7. Основные способы выращивания кристалла флюорита, используемые материалы тиглей, атмосферы, вещества-чистильщики. Характерные дефекты в кристалле.
8. Составы, структурные особенности и свойства кристаллов семейства LnLiF_4 . Применение данных кристаллов.
9. Квази-бинарная фазовая диаграмма системы $\text{LiF} - \text{YF}_3$, характер плавления кристалла YLF.
10. Выращивание кристалла YLF: методы, материалы тиглей, исходные составы расплавов, коэффициенты распределения примесей между кристаллом и расплавом. Ростовые проблемы и пути их решения, характерные дефекты в кристаллах

Раздел 5:

1. Сущность прямого и обратного пьезоэлектрических эффектов и области применения этих эффектов. Особые виды симметрии кристаллов, в которых возможны данные эффекты.
2. Структурные модификации SiO_2 и полиморфные переходы между ними. Важнейшие свойства кристалла кварца. Величина и знак пьезоэлектрического эффекта в различных кристаллографических направлениях кристалла кварца.
3. Выращивание кристаллов кварца гидротермальным методом, используемые технологические режимы и минерализаторы. Характерные дефекты в кристаллах
4. Кристалл титанил-фосфата калия. Преимущества и недостатки кристалла, важнейшие свойства и основные области его применения.
5. Кристаллическая структура титанил-фосфата калия. Точка Кюри и фазовый переход между пара- и сегнетоэлектрической фазой, изменения в структуре, происходящие в рамках такого перехода.
6. Подвижность ионов калия в структуре кристалла титанил-фосфата калия, возникающая при этом проблема «серых следов», борьба с этим явлением.
7. Получение кристаллов титанил-фосфата калия гидротермальным способом. Технологические режимы. Виды используемых минерализаторов, их преимущества и недостатки. Размеры и качество получаемых кристаллов.
8. Получение кристаллов титанил-фосфата калия методом из раствора в расплаве. Используемые высокотемпературные растворители, их преимущества и недостатки. Размеры и качество получаемых кристаллов.
9. Преимущества и недостатки, основные области применения кристалла трибората лития. Физико-химические свойства кристалла, температура и характер его плавления.
10. Структура кристалла трибората лития, формы координационных полиэдров вокруг ионов бора, преимущества кристалла, являющееся следствием данных форм.

11. Оптические и нелинейно-оптические характеристики кристалла трибората лития, достигнутое на сегодняшний день оптическое качество образцов кристалла. Некритический фазовый синхронизм в данных кристаллах.
12. Выращивание кристалла трибората лития с помощью раствор-расплавных технологий. Применяемые высокотемпературные растворители, их преимущества и недостатки. Ростовые параметры и режимы.

Раздел 6:

1. Структура кристалла железо-иттриевого граната, валентные состояния и виды структурной локализации ионов железа в кристалле, обусловленный этим тип магнитной упорядоченности кристалла.
2. Основные физико-химические и оптические свойства кристалла железо-иттриевого граната. Удельное вращение и магнито-оптический ФОМ, их спектральная зависимость.
3. Выращивание кристалла железо-иттриевого граната из раствора в расплаве. Основной используемый вид высокотемпературных растворителей, его преимущества и недостатки, альтернативные растворители. Технологические режимы роста.
4. Получение эпитаксиальных пленок железо-иттриевого граната: методы получения, используемые подложки, ориентация их рабочей поверхности.
5. Основные виды применения кристалла и пленок железо-иттриевого граната, основанные на явлении Фарадеевского вращения. Устройство и принцип действия магнито-оптического изолятора.
6. Ферромагнитный резонанс, его добротность и возможности частотной перестройки в кристалле железо-иттриевого граната. Практические применения ферромагнитного резонанса в кристалле железо-иттриевого граната.

8.3.3 Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (3-й семестр – экзамен).

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по разделам 7 и 8 рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса. 1-й вопрос – 10 баллов, вопрос 2 – 15 баллов, вопрос 3 – 15 баллов. Полный перечень вопросов содержится в Фонде оценочных средств по дисциплине. Примеры контрольных вопросов по разделам:

Раздел 7:

1. Явление сцинтилляции. Основные виды взаимодействий частиц (квантов) высоких энергий с веществом, приводящие к сцинтилляции.
2. Устройство сцинтилляционных датчиков и роль сцинтиллирующих кристаллов в этих датчиках. Важнейшие сцинтилляционные характеристики кристаллов.
3. Радиационная стойкость кристаллов сцинтилляторов, основные механизмы обратимой и необратимой деградации кристаллов под действием ионизирующих излучений.
4. Кристаллическая структура и важнейшие физико-химические свойства щелочно-галлоидных сцинтилляционных кристаллов NaI(Tl), CsI(Tl).
5. Важнейшие сцинтилляционные свойства кристаллов NaI(Tl) и CsI(Tl), их преимущества и недостатки. Зависимость сцинтилляционных характеристик данных кристаллов от примесной чистоты.
6. Основные методы выращивания и дальнейшей оптической обработки кристаллов NaI(Tl) и CsI(Tl). Важнейшие технологические параметры. Достигнутые на сегодняшний день размеры кристаллов.
7. Структура сцинтилляционного кристалла ортосиликата лютеция, активированного

ионами церия $\text{Ce}^{3+}:\text{Lu}_2\text{SiO}_5$, распределение активатора по неэквивалентным кристаллографическим позициям матрицы. Важнейшие физико-химические свойства данного кристалла.

8. Спектральные и сцинтилляционные характеристики кристалла ортосиликата лютеция, активированного ионами церия $\text{Ce}^{3+}:\text{Lu}_2\text{SiO}_5$, его преимущества и недостатки. Причины и механизмы длительного послесвечения в кристалле.
9. Выращивание кристалла $\text{Ce}^{3+}:\text{Lu}_2\text{SiO}_5$, технологические ростовые параметры. Коэффициент распределения церия между кристаллом и расплавом. Технологические приемы, позволяющие продлить сроки службы тиглей, используемых при выращивании.
11. Послеростовой отжиг кристаллов $\text{Ce}^{3+}:\text{Lu}_2\text{SiO}_5$. Характерные дефекты в кристаллах и борьба с ними. Достигнутые на сегодняшний день размеры кристаллов.

Раздел 8:

13. Основные этапы изготовления кварцевых оптических волокон. Заготовка для вытягивания оптоволокна, ее предназначение, форма и химический состав.
14. Общие требования к примесной чистоте реактивов, используемых для производства оптических кварцевых волокон, а также к чистоте помещений, в которых изготавливаются заготовки. Негативная роль влаги, и способы избавления от нее при изготовлении заготовок.
15. Суть и техническое исполнение метода «порошок в трубе», применяемого при изготовлении заготовок для вытягивания кварцевого оптоволокна. Преимущества, недостатки и области применения данного метода.
16. Изготовление заготовок для многосердцевидных волокон и волокон с полыми сердцевинами методом «порошок в трубе».
17. Суть и техническое исполнение вертикального осевого парофазного осаждения как метода изготовления заготовок для вытягивания кварцевого оптоволокна. Этапы процесса, преимущества, недостатки и области применения данного метода.
18. Суть и техническое исполнение наружного парофазного осаждения как метода изготовления заготовок для вытягивания кварцевого оптоволокна. Этапы процесса, преимущества, недостатки и области применения данного метода.

8.4. Структура и примеры билетов для экзамена (2 и 3 семестры).

Экзамены по дисциплине «Монокристаллы для фотоники и электроники» проводятся во 2 и 3 семестрах и включают контрольные вопросы по разделам 4-6 (2-й семестр) и 7-8 (3-й семестр) рабочей программы дисциплины. Билет для обоих экзаменов состоит из трех вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для экзамена во 2-м семестре:

«Утверждаю» Зав. кафедрой ХТК _____ И.Х.Аветисов (Подпись) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии кристаллов
	Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология Магистерская программа – «Технология функциональных материалов электроники и фотоники»
	Наименование дисциплины - «Монокристаллы для фотоники и электроники», 2-й семестр
Билет № 1 1. Вопрос: Пирогидролиз монокристаллов фторидов и его влияние на оптическое качество и спектральные характеристики образцов. Способы борьбы с пирогидролизом. 2. Вопрос: Кристаллическая структура титанил-фосфата калия. Точка Кюри и фазовый переход между пара- и сегнетоэлектрической фазой, изменения в структуре, происходящие в рамках такого перехода. 3. Вопрос: Выращивание кристалла железо-иттриевого граната из раствора в расплаве. Основной используемый вид высокотемпературных растворителей, его преимущества и недостатки, альтернативные растворители. Технологические режимы роста.	

Пример билета для экзамена в 3-м семестре:

«Утверждаю» Зав. кафедрой ХТК _____ И.Х.Аветисов (Подпись) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии кристаллов
	Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология Магистерская программа – «Технология функциональных материалов электроники и фотоники»
	Наименование дисциплины - «Монокристаллы для фотоники и электроники», 3-й семестр
Билет № 3 1. Вопрос: Радиационная стойкость кристаллов сцинтилляторов, основные механизмы обратимой и необратимой деградации кристаллов под действием ионизирующих излучений. 2. Вопрос: Выращивание кристалла $\text{Ce}^{3+}:\text{Lu}_2\text{SiO}_5$, технологические ростовые параметры. Коэффициент распределения церия между кристаллом и расплавом. Технологические приемы, позволяющие продлить сроки службы тиглей, используемых при выращивании. 3. Вопрос: Суть и техническое исполнение вертикального осевого парофазного осаждения как метода изготовления заготовок для вытягивания кварцевого оптоволокна. Этапы процесса, преимущества, недостатки и области применения данного метода.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Н. И. Леонюк, Е. В. Копорулина, Е. А. Волкова, В. В. Мальцев. Кристаллография: зарождение, рост и морфология кристаллов : учебное пособие для бакалавриата и магистратуры . М.: Издательство Юрайт, 2018, 152 с.
2. Курс лекций «Кристаллография». 03.09.2019 [электронный ресурс] — Режим доступа: <http://cryst.geol.msu.ru/courses/crgraf/> (дата обращения: 12.04.2023)
3. А. А. Майер. Процессы роста кристаллов. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 1999, 176 с.

Б. Дополнительная литература

1. 1. Выращивание кристаллов и волокон из расплава. Под ред. Ц. Фукуды, П. Рудольфа, С. Уды. Пер. с англ., М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009, 368 с.
2. Ю.М. Таиров, В.Ф. Цветков. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов. М.: Высшая школа, 1990, 424 с.
3. А.А. Блистанов. Кристаллы квантовой и нелинейной оптики. Учебное пособие для ВУЗов, 2-ое издание. М.: МИСИС, 2007, 432с.
4. К.-Т. Вильке. Выращивание крситаллов. Л.: Недра, 1977, 600 с.
5. Х.С. Багдасаров. Высокотемпературная кристаллизация из расплава. М.: Физматлит, 2004, 160 с.
- 6.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Optical Materials» , ISSN 0925-3467
- Журнал «Journal of Crystal Growth», ISSN 0022-0248
- Журнал «Crystal Research and Technology», ISSN 0232-1300
- Журнал «Cryst. Eng.Comm.» , ISSN 1466-8033
- Журнал «Journal of Non-Crystalline Solids», ISSN 0022-3093
- Журнал «European Journal of Inorganic Chemistry», ISSN 1434-1948
- Журнал «Кристаллография», ISSN 0023-4761
- Журнал «Неорганические материалы» , ISSN 0002-337X
- Журнал «Журнал неорганической химии» , ISSN 0044-457X
- Журнал «Журнал экспериментальной и теоретической физики» , ISSN 0044-4510
- Журнал «Физика твердого тела» , ISSN 0367-3294

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 25, (общее число слайдов 328);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 600);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 120).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Монокристаллы для фотоники и электроники»* проводятся в форме лекций, практических и лабораторных занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

3. Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; учебная аудитория для проведения практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов магистратуры, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет. Лабораторное помещение, оснащенное стендами для проведения лабораторных работ

11.2. Учебно-наглядные пособия:

1. Трехмерные макеты кристаллических структур

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

1. Персональный компьютер (ноутбук) с установленным на него программным пакетом Microsoft Office либо другим программным пакетом аналогичного функционала.
2. Монитор размером не менее 22 дюймов, либо компьютерный проектор и экран

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; раздаточный материал к практическим занятиям по дисциплине; альбомы и рекламные проспекты с основными видами и характеристиками приборов и материалов электронной техники, фотоники и квантовой электроники.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде по строению и свойствам материалов электронной техники; электронная картотека по рентгенофазовому анализу; электронная картотека по фазовым диаграммам состояния; кафедральные библиотеки электронных изданий.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Важнейшие монокристаллы полупроводников, их свойства, методы получения и сферы применения	<i>Знает:</i> – Важнейшие современные полупроводниковые монокристаллы, их основные свойства, технологию производства и сферы применения <i>Умеет:</i> – грамотно поставить эксперимент по выращиванию, а также исследованию структурных, физико-химических, кристаллохимических, термомеханических и иных характеристик монокристаллов полупроводников, в том числе – корректно произвести подготовку выращенного образца к тому или иному виду его исследований – правильно интерпретировать и проанализировать результаты отдельных экспериментов такого рода, а также систематизировать и обобщать результаты серий таких	Оценка за контрольную работу №1 (1 семестр) Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (1 семестр)

	экспериментов с учетом имеющихся литературных данных, в том числе - критически осмыслить обнаруженные экспериментальные зависимости и тенденции с точки зрения их статистической значимости с учетом случайных и систематических погрешностей измерений; – подготовить научную публикацию, доклад на научном мероприятии и раздел квалификационной работы по результатам таких экспериментов <i>Владеет:</i> – основной специальной русско- и англоязычной терминологией, применяемой в таких областях науки, как физическое материаловедение, рост кристаллов полупроводников, квантовая и физическая электроника. – навыками общения со своими будущими коллегами – представителями смежных профессий (прежде всего, физиков и технического персонала) с использованием хорошо известных им терминов, понятий и категорий.	
Раздел 2. Важнейшие функциональные монокристаллы, их свойства, методы получения и сферы применения	<i>Знает:</i> – Важнейшие современные функциональные монокристаллы, их основные свойства, технологию производства и сферы применения <i>Умеет:</i> – подготовить научную публикацию, доклад на научном мероприятии и раздел квалификационной работы по результатам исследований функциональных монокристаллов <i>Владеет:</i> – основной специальной русско- и англоязычной терминологией, применяемой в таких областях науки, как физическое материаловедение, рост функциональных монокристаллов, оптика, нанотехнологии – навыками поиска в библиотеках и в электронных ресурсах научно-	Оценка за контрольную работу №2 (1 семестр) Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (1 семестр)

	технической литературы информации по физическому материаловедению, росту функциональных монокристаллов, оптике, нанотехнологиям, по соответствующим разделам химии, физики и физической химии твердого состояния, физической электроники. Быть способным выделить в большом объеме научно-технической информации важные с точки зрения конкретной тематики исследования моменты, не тратя время на изучение информации, второстепенной с этой точки зрения	
Раздел 3. Важнейшие оксидные лазерные и рамановские монокристаллы, их свойства, методы получения и сферы применения	<i>Знает:</i> – Важнейшие современные оксидные лазерные монокристаллы, их основные свойства, технологию производства и сферы применения – Основные современные проблемы материаловедения в области создания новых и совершенствования традиционных оксидных монокристаллических материалов для квантовой электроники <i>Умеет:</i> – грамотно поставить эксперимент по выращиванию, а также исследованию структурных, физико-химических, кристаллохимических, термомеханических и иных характеристик оксидных лазерных монокристаллов, в том числе – корректно произвести подготовку выращенного образца к тому или иному виду его исследований – правильно интерпретировать и проанализировать результаты отдельных экспериментов такого рода, а также систематизировать и обобщать результаты серий таких экспериментов с учетом имеющихся литературных данных, в том числе - критически осмыслить обнаруженные экспериментальные зависимости и тенденции с точки зрения их статистической значимости с учетом случайных и систематических погрешностей измерений;	Оценка за контрольную работу №3 (_ семестр) Оценка за лабораторный практикум (3 семестр) Оценка за зачет с оценкой (1 семестр)

	– подготовить научную публикацию, доклад на научном мероприятии и раздел квалификационной работы по результатам таких экспериментов <i>Владеет:</i> – основной специальной русско- и англоязычной терминологией, применяемой в таких областях науки, как физическое материаловедение, рост оксидных монокристаллов, квантовая электроника, оптическая и рамановская спектроскопия. – навыками общения со своими будущими коллегами – представителями смежных профессий (прежде всего, физиков и технического персонала) с использованием хорошо известных им терминов, понятий и категорий.	
Раздел 4. Важнейшие лазерные кристаллы фторидов	<i>Знает:</i> – Важнейшие современные фторидные оптические и лазерные монокристаллы, их основные свойства, технологию производства и сферы применения – Основные современные проблемы материаловедения в области создания новых и совершенствования традиционных фторидных монокристаллических материалов для оптики и квантовой электроники. <i>Умеет:</i> – грамотно поставить эксперимент по выращиванию, а также исследованию структурных, физико-химических, кристаллохимических, термомеханических и иных характеристик фторидных монокристаллов, в том числе – корректно произвести подготовку выращенного образца к тому или иному виду его исследований – правильно интерпретировать и проанализировать результаты отдельных экспериментов такого рода, а также систематизировать и обобщать результаты серий таких	Оценка за контрольную работу №4 (2 семестр) Оценка за лабораторный практикум (3 семестр) Оценка за экзамен (2 семестр)

	экспериментов с учетом имеющихся литературных данных, в том числе - критически осмыслить обнаруженные экспериментальные зависимости и тенденции с точки зрения их статистической значимости с учетом случайных и систематических погрешностей измерений; <i>Владеет:</i> – основной специальной русско- и англоязычной терминологией, применяемой в таких областях науки, как физическое материаловедение, рост фторидных монокристаллов, квантовая электроника, оптическая и рамановская спектроскопия. – навыками поиска в библиотеках и в электронных ресурсах научно-технической литературы информации по физическому материаловедению, росту монокристаллов простых и сложных фторидов, квантовой электронике, оптической и рамановской спектроскопии, по соответствующим разделам химии, физики и физической химии твердого состояния, физической электроники. Быть способным выделить в большом объеме научно-технической информации важные с точки зрения конкретной тематики исследования моменты, не тратя время на изучение информации, второстепенной с этой точки зрения	
Раздел 5. Пьезо- и сегнетоэлектрики, нелинейно-оптические кристаллы	<i>Знает:</i> – Важнейшие современные нелинейно-оптические монокристаллы, их основные свойства, технологию производства и сферы применения – Основные современные проблемы материаловедения в области создания новых и совершенствования традиционных монокристаллических материалов для нелинейной оптики <i>Умеет:</i>	Оценка за контрольную работу №5 (2 семестр) Оценка за лабораторный практикум (3 семестр) Оценка за экзамен (2 семестр)

	– грамотно поставить эксперимент по выращиванию, а также исследованию структурных, физико-химических, кристаллохимических, термомеханических и иных характеристик монокристаллов пьезо- и сегнетоэлектриков, а также нелинейно-оптических монокристаллов, в том числе – корректно произвести подготовку выращенного образца к тому или иному виду его исследований – правильно интерпретировать и проанализировать результаты отдельных экспериментов такого рода, а также систематизировать и обобщать результаты серий таких экспериментов с учетом имеющихся литературных данных, в том числе - критически осмыслить обнаруженные экспериментальные зависимости и тенденции с точки зрения их статистической значимости с учетом случайных и систематических погрешностей измерений; – подготовить научную публикацию, доклад на научном мероприятии и раздел квалификационной работы по результатам таких экспериментов <i>Владеет:</i> – основной специальной русско- и англоязычной терминологией, применяемой в таких областях науки, как физическое материаловедение, рост нелинейно-оптических кристаллов, физическая и нелинейная оптика – ...	

Раздел 6. Магнитные и магнитооптические кристаллы	<i>Знает:</i> – Важнейшие современные магнито-оптические монокристаллы, их основные свойства, технологию производства и сферы применения – Основные современные проблемы материаловедения в области создания новых и совершенствования традиционных монокристаллических материалов для магнито-оптики <i>Умеет:</i> – грамотно поставить эксперимент по выращиванию, а также исследованию структурных, физико-химических, кристаллохимических, термомеханических и иных характеристик магнитооптических монокристаллов, в том числе – корректно произвести подготовку выращенного образца к тому или иному виду его исследований – правильно интерпретировать и проанализировать результаты отдельных экспериментов такого рода, а также систематизировать и обобщать результаты серий таких экспериментов с учетом имеющихся литературных данных, в том числе - критически осмыслить обнаруженные экспериментальные зависимости и тенденции с точки зрения их статистической значимости с учетом случайных и систематических погрешностей измерений; <i>Владеет:</i> – основной специальной русско- и англоязычной терминологией, применяемой в таких областях науки, как физическое материаловедение, рост магнито-оптических кристаллов, квантовая электроника, магнетизм и магнито-оптика – навыками поиска в библиотеках и в электронных ресурсах научно-технической литературы информации по физическому материаловедению, росту магнитооптических кристаллов,	Оценка за контрольную работу №6 (2 семестр) Оценка за экзамен (2 семестр)

	магнетизму и магнито-оптике, по соответствующим разделам химии, физики и физической химии твердого состояния, физической электроники. Быть способным выделить в большом объеме научно-технической информации важные с точки зрения конкретной тематики исследования моменты, не тратя время на изучение информации, второстепенной с этой точки зрения – навыками общения со своими будущими коллегами – представителями смежных профессий (прежде всего, физиков и технического персонала) с использованием хорошо известных им терминов, понятий и категорий.	
Раздел 7. Сцинтилляционные кристаллы	<i>Знает:</i> – Важнейшие современные сцинтилляционные монокристаллы, их основные свойства, технологию производства и сферы применения <i>Умеет:</i> – грамотно поставить эксперимент по выращиванию, а также исследованию структурных, физико-химических, кристаллохимических, термомеханических и иных характеристик монокристаллов сцинтилляторов, в том числе – корректно произвести подготовку выращенного образца к тому или иному виду его исследований – правильно интерпретировать и проанализировать результаты отдельных экспериментов такого рода, а также систематизировать и обобщать результаты серий таких экспериментов с учетом имеющихся литературных данных, в том числе – критически осмыслить обнаруженные экспериментальные зависимости и тенденции с точки зрения их статистической значимости с учетом случайных и систематических погрешностей измерений; – подготовить научную публикацию, доклад на научном мероприятии и раздел квалификационной работы по	Оценка за контрольную работу №7 (3 семестр) Оценка за экзамен (3 семестр)

	результатам таких экспериментов <i>Владеет:</i> – навыками общения со своими будущими коллегами – представителями смежных профессий (прежде всего, физиков и технического персонала) с использованием хорошо известных им терминов, понятий и категорий.	
Раздел 8. Волоконно-оптические материалы	<i>Знает:</i> – Основные типы оптических волокон, их основные свойства, технологию производства и сферы применения – Основные современные проблемы материаловедения в области создания новых и совершенствования традиционных волоконно-оптических материалов <i>Умеет:</i> – подготовить научную публикацию, доклад на научном мероприятии и раздел квалификационной работы по результатам исследований свойств новых волоконно-оптических материалов. <i>Владеет:</i> – основной специальной русско- и англоязычной терминологией, применяемой в таких областях науки, как физическое материаловедение, получение оптических волокон, квантовая электроника, волоконная оптика – навыками поиска в библиотеках и в электронных ресурсах научно-технической литературы информации по физическому материаловедению, по получению оптических волокон, квантовой электронике, волоконной оптике, по соответствующим разделам химии, физики и физической химии твердого состояния, физической электроники. Быть способным выделить в большом объеме научно-технической информации важные с	Оценка за контрольную работу №8 (3 семестр) Оценка за экзамен (3 семестр)

	точки зрения конкретной тематики исследования моменты, не тратя время на изучение информации, второстепенной с этой точки зрения	

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины

«Монокристаллы для фотоники и электроники»

основной образовательной программы

18.04.01 Химическая технология

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Технология функциональных материалов электроники и фотоники»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО
АНАЛИЗА МАТЕРИАЛОВ»**

**Направление подготовки
18.04.01 Химическая технология**

**Магистерская программа
«Технология функциональных материалов электроники и фотоники»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена:

Д.х.н., профессором кафедры химии и технологии кристаллов О.Б. Петровой

К.х.н., доцентом кафедры химии и технологии кристаллов Е.Н. Можевитиной

К.х.н., доцентом кафедры химии и технологии кристаллов М.П. Зыковой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И. Менделеева

(Наименование кафедры)

«23» мая 2025 г., протокол № 13.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 Химическая технология** (ФГОС ВО), накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **химии и технологии кристаллов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина **«Обработка результатов физико-химического анализа материалов»** относится к части дисциплин учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области неорганического материаловедения, в частности в области технологии полупроводниковых и диэлектрических кристаллов и других материалов электронной техники. Также дисциплина неразрывно связана со знаниями, полученными обучающимися в курсе «Методы исследования материалов электроники и фотоники» в рамках обучения в бакалавриате по профилю «Технология материалов и изделий электронной техники и наноэлектроники».

Цель дисциплины – состоит в обучении студентов магистратуры знаниям, умениям и навыкам использования информации, ее обработки и интерпретации, а также практическое освоение современных методов исследований.

Задачи дисциплины:

- знакомство студентов магистратуры с современными методами обработки и представления результатов исследований
- знакомство студентов с современными программными продуктами для обработки результатов исследований
- знакомство студентов с современными программными продуктами моделирования процессов и свойств материалов электроники и фотоники.

Дисциплина **«Обработка результатов физико-химического анализа материалов»** преподается в 3 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-3 Способен применять современные приборы и методы исследования, планировать, организовывать и проводить эксперименты и испытания, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты	ПК-3.1 Знает экспериментальные методы и их приборное и аппаратное оформление для исследования веществ и материалов - ПК-3.2 Умеет организовывать проведение экспериментов и испытаний веществ и материалов ПК-3.3 Владеет приемами обработки, анализа и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт 40.039 «Специалист в области разработки полупроводниковых лазеров», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция Разработка конструкции и технологии изготовления новой модели полупроводникового лазера (уровень квалификации – 7).

				Профессиональный стандарт 40.037 «Специалист по разработке технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция Е. Разработка концепции технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов(Е/03.7 Разработка технологической концепции производства нового прибора (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.039 «Специалист в области разработки полупроводниковых лазеров», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция С/03.7. Научно-техническое сопровождение изготовления опытной партии разработанной новой модели полупроводникового лазера (уровень квалификации – 7).

Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-4 Способен разрабатывать новые материалы и изделия электроники и наноэлектроники	ПК-4.1 Знает физические принципы работы материалов и изделий электроники и наноэлектроники ПК-4.2 Умеет подбирать материалы для создания изделий электроники и наноэлектроники с заданными функциональными свойствами	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт 29.002 «Специалист технического обеспечения технологических процессов производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. N 598н Обобщенная трудовая функция Ф. Координация работ по технической подготовке и сопровождению производства приборов квантовой электроники и фотоники на базе нанотехнологий. Ф/02.7 Разработка требований к уровню технической подготовки производства и контрольных показателей для его оценки (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.037 «Специалист по разработке технологии

				производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция Е. Разработка концепции технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов(Е/03.7 Разработка технологической концепции производства нового прибора (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.039 «Специалист в области разработки полупроводниковых лазеров», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция С/03.7. Научно-техническое сопровождение изготовления опытной партии разработанной новой модели полупроводникового лазера (уровень квалификации – 7).
Выполнение фундаментальных и прикладных работ	Химическое, химико-технологическое	ПК-5 Способен осуществлять комплексный анализ	ПК-5.3 Владеет способами измерения функциональных	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на

поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	научных основ технологии новых материалов и изделий электроники и наноэлектроники	характеристик материалов и изделий электроники и наноэлектроники	рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт 29.002 «Специалист технического обеспечения технологических процессов производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. N 598н Обобщенная трудовая функция Ф. Координация работ по технической подготовке и сопровождению производства приборов квантовой электроники и фотоники на базе нанотехнологий. Ф/02.7 Разработка требований к уровню технической подготовки производства и контрольных показателей для его оценки (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.037 «Специалист по разработке технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной

				защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция Е. Разработка концепции технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов(Е/03.7 Разработка технологической концепции производства нового прибора (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.039 «Специалист в области разработки полупроводниковых лазеров», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция С/03.7. Научно-техническое сопровождение изготовления опытной партии разработанной новой модели полупроводникового лазера (уровень квалификации – 7).

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- Современные информационные базы данных, содержащих физико-химические характеристики веществ, на основе которых формируются изделия электроники.
- Возможности численного моделирования диаграмм фазовых равновесий многокомпонентных систем.
- Современные системы сканирующей электронной микроскопии, их характеристики и возможно решения тех или иных задач по анализу морфологии.
- Современные аппаратные решения для исследований структуры и фазового состава материалов методами рентгеновской дифракции
- Экспериментальные методы исследования спектрально-люминесцентных характеристик объемных, поликристаллических и тонкопленочных материалов

Уметь:

- Извлекать информацию о физико-химических характеристиках веществ, на основе которых формируются материалы и изделия электроники, современные баз данных отечественных и зарубежных производителей.
- Формировать пакет входных экспериментальных данных в различные системы численного моделирования для расчета многокомпонентных диаграмм фазовых равновесий.
- Подготавливать образцы для проведения электронно-микроскопического анализа и интерпретировать результаты проведенного морфологического, элементного и фазового анализов.
- Подготавливать, проводить съемку и проводить количественный анализа спектров рентгеновской дифракции порошковых кристаллических и аморфных материалов.
- Подготавливать образцы, проводить съемку и компьютерную обработку спектров фотolumинесценции, комбинационного рассеяния света, оптического поглощения в видимой и ИК области.

Владеть:

- Навыками работы с современными информационными ресурсами в области хранения и обработки данных по физико-химическим характеристикам веществ,
- Современными методами анализа морфологии, структуры, фазового и элементного составов материалов на основе конденсированных фаз индивидуальных веществ и химических соединений.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1	34	25,5
в том числе в форме практической подготовки	0,25	8	6
Лекции	0,25	8	6
Практические занятия (ПЗ)	0,75	26	19,5
в том числе в форме практической подготовки	0,25	8	6
Самостоятельная работа	2	74	55,5
Контактная самостоятельная работа	2	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		73,6	55,2
Вид контроля:			
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Всего	в т.ч. в форме пр. подг.)	Лекции	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
1.	Раздел 1. Информационные системы и системы численного моделирования по фазовым равновесиям термодинамических систем	22	2	2	2	2	18
2.	Раздел 2. Экспериментальные методы анализа структуры и состава	30	-	2	10	-	18
3.	Раздел 3. Экспериментальные методы анализа микропримесного анализа материалов для фотоники и электроники.	20	2	2	4	2	14
4.	Раздел 4. Экспериментальные методы исследования спектрально-люминесцентных характеристик материалов для фотоники и электроники.	36	4	2	10	4	24
	ИТОГО	108	8	8	26	8	74

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Информационные системы и системы численного моделирования по фазовым равновесиям термодинамических систем.

Современные информационные системы по физико-химическим свойствам материалов для изготовления изделий электроники и фотоники.

Современные системы численного моделирования диаграмм фазовых равновесий и их использование для выбора условий получения материалов с заданными свойствами.

Раздел 2. Экспериментальные методы анализа структуры и состава гетерофазных пленочных структур.

Экспериментальные методы исследования материалов электронной техники с помощью электронной микроскопии. Возможности современных сканирующих электронных микроскопов с различными системами формирования энергетических пучков. Особенности математической обработки сигналов электронных и ионных систем анализа поверхности материалов. Методы анализа фазового, структурного и элементного состава в современных системах сканирующей электронной микроскопии. Особенности применения рентгено-флуоресцентного анализа в режимах энерго-дисперсионного и волнового измерения.

Сравнительный анализ возможностей современных систем рентгеновской дифракции. Особенности программного обеспечения для обработки результатов дифрактограмм кристаллических, аморфных и наноразмерных объектов.

Раздел 3. Экспериментальные методы анализа микропримесного анализа материалов для фотоники и электроники.

Экспериментальные методы исследования материалов микропримесного состава материалов для фотоники и электроники включают методы масс-спектрометрии с различными вариантами пробоподготовки. Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой. Масс-спектрометрия с плазмой тлеющего разряда. Вторично-ионная масс-спектрометрия. Особенности пробоподготовки препаратов для проведения анализов. Обработка интерференций в масс-спектрометрических исследованиях. Работа со стандартными образцами.

Раздел 4. Экспериментальные методы исследования спектрально-люминесцентных характеристик материалов для фотоники и электроники.

Экспериментальные методы исследования спектрально-люминесцентных характеристик объемных, поликристаллических и тонкопленочных материалов для фотоники и электроники. Математическая обработка спектральных и спектрально-кинетических данных. Причины уширения спектров люминесценции – однородное и неоднородное уширение. Штарковское расщепление линий. Спектры люминесценции многоцентровых материалов. Разложение спектров на элементарные компоненты. Отделение линий штарковских компонент одного центра от линий, образованных разными центрами свечения.

Кинетика затухания люминесценции, разрешенные и неразрешенные переходы. Влияние на кинетику кооперативных процессов и ион-ионного взаимодействия. Влияние на кинетику температурного, концентрационного и примесного тушения люминесценции. Расчет квантового выхода. Построение кинетических кривых и расчет времени жизни сложных, многоцентровых люминофоров.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать:				
1	– Современные информационные базы данных, содержащих физико-химические характеристики веществ, на основе которых формируются гетерофазных пленочные структуры изделий электроники.	+			
2	– Возможности численного моделирования диаграмм фазовых равновесий многокомпонентных систем.	+			
3	– Современные системы сканирующей электронной микроскопии, их характеристики и возможно решения тех или иных задач по анализу морфологии.		+		
4	– Современные аппаратные решения для исследований структуры и фазового состава материалов методами рентгеновской дифракции		+		
5	– Экспериментальные методы определения микропримесного состава объемных и тонкопленочных препаратов			+	
6	– Экспериментальные методы исследования спектрально-люминесцентных характеристик объемных, поликристаллических и тонкопленочных материалов				+
	Уметь:				
7	– Извлекать информацию о физико-химических характеристиках веществ, на основе которых формируются гетерофазных пленочные структуры изделий электроники, современные баз данных отечественных и зарубежных производителей.	+			
8	– Формировать пакет входных экспериментальных данных в различные системы численного моделирования для расчета многокомпонентных диаграмм фазовых равновесий.	+			
9	– Подготавливать образцы для проведения электронно-микроскопического анализа и интерпретировать результаты проведенного морфологического, элементного и фазового анализов.		+		
10	– Подготавливать, проводить съемку и проводить количественный анализа спектров рентгеновской дифракции порошковых кристаллических и аморфных материалов.		+		
11	– Подготавливать образцы для проведения масс-спектральных исследований			+	

12	– Подготавливать образцы, проводить съемку и компьютерную обработку спектров фотолюминесценции, комбинационного рассеяния света, оптического поглощения в видимой и ИК области.				+
Владеть:					
13	– Навыками работы с современными информационными ресурсами в области хранения и обработки данных по физико-химическим характеристикам веществ, на основе которых формируются гетерофазных пленочные структуры изделий электроники,	+			
14	– Современными методами анализа морфологии, структуры, фазового и элементного и микропримесного составов конденсированных фаз индивидуальных веществ и химических соединений.		+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</u>					
	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК			
17	ПК-3 Способен применять современные приборы и методы исследования, планировать, организовывать и проводить эксперименты и испытания, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты	ПК-3.1 Знает экспериментальные методы и их приборное и аппаратное оформление для исследования веществ и материалов -	+	+	+
18		ПК-3.2 Умеет организовывать проведение экспериментов и испытаний веществ и материалов	+	+	+
19		ПК-3.3 Владеет приемами обработки, анализа и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов	+	+	+
20	ПК-4 Способен разрабатывать новые материалы и изделия электроники и наноэлектроники	ПК-4.1 Знает физические принципы работы материалов и изделий электроники и наноэлектроники	+	+	+
21		ПК-4.2 Умеет подбирать материалы для создания изделий электроники и наноэлектроники с заданными функциональными свойствами -	+	+	+

22	ПК-5 Способен осуществлять комплексный анализ научных основ технологии новых материалов и изделий электроники и нанoeлектроники	ПК-5.3 Владеет способами измерения функциональных характеристик материалов и изделий электроники и нанoeлектроники	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки студентов магистратуры по направлению 18.04.01 предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине «Физическая химия материалов для гетерофазных пленочных структур различного функционального назначения» в объеме 26 часов (0.7 зач. ед.). Практические занятия проводятся под руководством преподавателя и направлены на углубление теоретических знаний, полученных студентом магистратуры на лекционных занятиях, формирование понимания связей между теоретическими положениями химической технологии и методологией решения практических задач по тематике лекций, приобретение навыков применения теоретических знаний в практической работе.

Примерный перечень практических занятий:

№ пп	Раздел	Темы практических занятий	Часы
1	1.	– Освоение компьютерных программ расчета и моделирования физико-химическим свойствам материалов для изготовления гетерофазных структур различного функционального назначения приобретение навыков пользования ими.	1
2		– Освоение систем численного моделирования диаграмм фазовых равновесий для выбора условий получения гетерофазных тонкопленочных структур различного функционального назначения.	1
3	2.	– Освоение режимов работы и приобретение навыков пробоподготовки, выбора режима съемки и обработки результатов сканирующей электронной микроскопии	4
4		– Обработка результатов энергодисперсионного анализа при исследовании образцов в сканирующем электронном микроскопе.	3
5		– Освоение режимов работы и приобретение навыков пробоподготовки образцов для проведение фазового и структурного анализа методом порошковой рентгеновской дифракции.	3
	3.	– Освоение методов пробоподготовки для проведения исследований микропримесного состава методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой	2
		– Обработка результатов масс-спектральных исследований примесного состава	2
6	4.	– Освоение режимов работы и приобретение навыков пробоподготовки образцов для съемки спектров фотолюминесценции	5
7		– Освоение компьютерных программ обработки спектров фотолюминесценции и кинетики затухания люминесценции.	5

6.2 Лабораторные занятия

Не предусмотрены

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче *зачёта с оценкой* по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение 2 контрольных работ (максимальная оценка по 30 баллов), и зачета с оценкой (максимальная оценка 40 баллов).

Контрольная 1

Раздел 1. Максимальная оценка – 15 баллов

1. Современные информационные системы по физико-химическим свойствам материалов для изготовления гетерофазных структур различного функционального назначения.
2. Современные системы численного моделирования диаграмм фазовых равновесий и их использование для выбора условий получения гетерофазных тонкопленочных структур различного функционального назначения.

Раздел 2. Максимальная оценка – 15 баллов

1. Экспериментальные методы исследования материалов электронной техники и гетерофазных пленочных структур с помощью электронной микроскопии.
2. Возможности современных сканирующих электронных микроскопов с различными системами формирования энергетических пучков.
3. Особенности математической обработки сигналов электронных и ионных систем анализа поверхности материалов.
4. Методы анализа фазового, структурного и элементного состава в современных системах сканирующей электронной микроскопии.
5. Особенности применения рентгено-флуоресцентного анализа в режимах энерго-дисперсионного и волнового измерения.
6. Возможности современных систем рентгеновской дифракции.

7. Особенности программного обеспечения для обработки результатов дифрактограмм кристаллических, аморфных и наноразмерных объектов.

Контрольная 2

Раздел 3. Максимальная оценка – 15 баллов

1. Экспериментальные методы исследования микропримесного состава объемных препаратов в виде твердых фаз
2. Экспериментальные методы исследования микропримесного состава объемных препаратов в форме растворов.
3. Особенности пробоподготовки твердых фаз для проведения исследований микропримесного состава методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой
4. Способы борьбы с интерференциями пиков в методах масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и плазмой тлеющего разряда
5. Способы снижения пределов определения концентраций примесей в различных методах исследования микропримесного состава
6. Особенности количественного анализа микропримесного состава методом вторично-ионной масс-спектрометрии

Раздел 4. Максимальная оценка – 15 баллов

1. Экспериментальные методы исследования спектрально-люминесцентных характеристик объемных, поликристаллических и тонкопленочных материалов для фотоники и электроники.
2. Особенности математической обработки спектральных и спектрально-кинетических данных.
3. Причины уширения спектров люминесценции – однородное и неоднородное уширение.
4. Штарковское расщепление линий.
5. Спектры люминесценции многоцентровых материалов.
6. Разложение спектров на элементарные компоненты.
7. Кинетика затухания люминесценции
8. Влияние на кинетику затухания люминесценции кооперативных процессов и ион-ионного взаимодействия.
9. Влияние на кинетику затухания люминесценции температурного, концентрационного и примесного тушения люминесценции.
10. Расчет квантового выхода.
11. Построение кинетических кривых и расчет времени жизни сложных, многоцентровых люминофоров.

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (зачет с оценкой)

Максимальная оценка – 40 баллов.

1. Современные информационные системы по физико-химическим свойствам материалов для изготовления гетерофазных структур различного функционального назначения.

- 2 Современные системы численного моделирования диаграмм фазовых равновесий и их использование для выбора условий получения гетерофазных тонкопленочных структур различного функционального назначения.
- 3 Экспериментальные методы исследования материалов электронной техники и гетерофазных пленочных структур с помощью электронной микроскопии.
- 4 Возможности современных сканирующих электронных микроскопов с различными системами формирования энергетических пучков.
- 5 Особенности математической обработки сигналов электронных и ионных систем анализа поверхности материалов.
- 6 Методы анализа фазового, структурного и элементного состава в современных системах сканирующей электронной микроскопии.
- 7 Особенности применения рентгено-флуоресцентного анализа в режимах энерго-дисперсионного и волнового измерения.
- 8 Возможности современных систем рентгеновской дифракции.
- 9 Особенности программного обеспечения для обработки результатов дифрактограмм кристаллических, аморфных и наноразмерных объектов.
- 10 Экспериментальные методы исследования микропримесного состава объемных препаратов в виде твердых фаз
- 11 Экспериментальные методы исследования микропримесного состава объемных препаратов в форме растворов.
- 12 Особенности пробоподготовки твердых фаз для проведения исследований микропримесного состава методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой
- 13 Способы борьбы с интерференциями пиков в методах масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и плазмой тлеющего разряда
- 14 Способы снижения пределов определения концентраций примесей в различных методах исследованиях микропримесного состава
- 15 Особенности количественного анализа микропримесного состава методом вторично-ионной масс-спектрометрии
- 16 Экспериментальные методы исследования спектрально-люминесцентных характеристик объемных, поликристаллических и тонкопленочных материалов для фотоники и электроники.
- 17 Особенности математической обработка спектральных и спектрально-кинетических данных.
- 18 Причины уширения спектров люминесценции – однородное и неоднородное уширение.
- 19 Расчет квантового выхода.
- 20 Штарковское расщепление линий. Спектры люминесценции многоцентровых материалов. Разложение спектров на элементарные компоненты.
- 21 Кинетика затухания люминесценции. Влияние на кинетику затухания люминесценции кооперативных процессов и ион-ионного взаимодействия.
- 22 Влияние на кинетику затухания люминесценции температурного, концентрационного и примесного тушения люминесценции.

- 23 Построение кинетических кривых и расчет времени жизни сложных, многоцентровых люминофоров.

8.3. Структура и пример билетов для зачета с оценкой

Зачет с оценкой по дисциплине «Обработка результатов физико-химического анализа материалов» включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины.

Билет состоит из 2 вопросов, относящихся к разным разделам курса. Ответы на вопросы билета оцениваются из 40 баллов следующим образом: первый и второй вопросы – по 20 баллов каждый.

Пример экзаменационного билета:

<i>«Утверждаю» Зав. кафедры химии и технологии кристаллов</i> _____ Аветисов И.Х. «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии кристаллов
	Программа подготовки студентов магистратуры – «Технология функциональных материалов электроники и фотоники»
	Обработка результатов физико-химического анализа материалов
Билет № 1	
1. Современные информационные системы по физико-химическим свойствам материалов для изготовления гетерофазных структур различного функционального назначения	
2. Особенности применения рентгено-флуоресцентного анализа в режимах энерго-дисперсионного и волнового измерения	

<i>«Утверждаю» Зав. кафедры химии и технологии кристаллов</i> _____ Аветисов И.Х. «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии кристаллов
	Программа подготовки студентов магистратуры – «Технология функциональных материалов электроники и фотоники»
	Обработка результатов физико-химического анализа материалов
Билет № 2	
1. Способы снижения пределов определения концентраций примесей в различных методах исследования микропримесного состава	
3. Влияние на кинетику затухания люминесценции температурного, концентрационного и примесного тушения люминесценции.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. И. В. Степанова, М. П. Зыкова, А. Э. Волошин, И. Х. Аветисов. Синхротронные, нейтронные и рентгеновские методы диагностики структуры функциональных материалов. Часть 1. Рентгеновские методы. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева Москва, 2022. — 120 с.
2. И. В. Степанова, М. П. Зыкова, А. Э. Волошин, П. П. Файков, and И. Х. Аветисов, Синхротронные, нейтронные и рентгеновские методы диагностики структуры функциональных материалов: в 2 ч. Часть 2. Синхротронные и нейтронные методы: учеб. пособие, М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева Москва, 2023 – 124 с.
3. И.Х. Аветисов, Е.Н. Можевитина, О.Б. Петрова Построение P – T – x диаграмм фазовых равновесий. Задачник: учебное пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2014. 80 с.
4. В.А. Пустоваров Люминесценция и релаксационные процессы в диэлектриках, Учебное пособие по дисциплинам «Физика твердого тела» и «Физика конденсированного состояния» Екатеринбург 2015, Информационный портал УрФУ — URL: <https://study.urfu.ru/Aid/Publication/13420/1/Pustovarov.pdf> (дата обращения: 12.04.2023). — Режим доступа:- свободный доступ.
5. В. П. Зломанов, И. Х. Аветисов, Е. Н. Можевитина. Физическая химия твердого тела. P – T – x диаграммы фазовых равновесий: учеб. пособие, М., РХТУ, 2019, 184 с.
6. Оптическая спектроскопия объемных полупроводников и наноструктур: учебное пособие /Тимофеев В.Б. — Издательство Лань 2015 - 512 с. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/reader/book/56612> (дата обращения: 12.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Б. Дополнительная:

1. П.В. Ковтуненко Физическая химия твердого тела. Кристаллы с дефектами. – М.: Высшая школа, 1993.
2. А.Ю. Зиновьев, А.Г. Чередниченко, И.Х. Аветисов Технология органических электролюминесцентных устройств. Теоретические основы и материалы. Учебное пособие. М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2010. 62с.
3. А.Ю. Зиновьев, И.Х. Аветисов, А.Г. Чередниченко Технология органических электролюминесцентных устройств. Гетероструктуры. Учебное пособие. М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2011. 63с.
4. И.Х. Аветисов, А.Ю. Зиновьев, А.Г. Чередниченко, Р.И. Аветисов Технология органических электролюминесцентных устройств. Технологические процессы. Учебное пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. 64с.
5. В. П. Зломанов Фазовые равновесия. Химия дефектов в кристалле. Учебное пособие. – М.: МГУ, 2011, 114с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Научно-технические журналы:

- Журнал «Оптика и спектроскопия», ISSN 0030-4034
- Журнал «Квантовая электроника», ISSN 0368-7147

- Журнал «Оптический журнал», ISSN 1023-5086
- Журнал «Optical Materials», ISSN 0925-3467
- Журнал «IEEE Journal of Quantum Electronics», ISSN 0018-9197
- Журнал «Journal of Crystal Growth», ISSN 0022-0248
- Журнал «Crystal Research and Technology», ISSN 0232-1300
- Журнал «Cryst. Eng. Comm.», ISSN 1466-8033
- Журнал «Journal of Non-Crystalline Solids», ISSN 0022-3093
- Журнал «European Journal of Inorganic Chemistry», ISSN 1434-1948
- Журнал «Кристаллография», ISSN 0023-4761
- Журнал «Неорганические материалы», ISSN 0002-337X
- Журнал «Журнал неорганической химии», ISSN 0044-457X
- Журнал «Журнал экспериментальной и теоретической физики», ISSN 0044-4510
- Журнал «Физика твердого тела», ISSN 0367-3294

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных практических занятий – 18;
- комплекты образцов полупроводниковых и диэлектрических кристаллов, органических и неорганических люминофоров, других материалов электронной техники – 4;
- комплект приборов электронной техники (электровакуумные приборы и полупроводниковые приборы) – 2;
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 51);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 17).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Обработка результатов физико-химического анализа материалов»* проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для обучающихся, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

Оборудование для анализа примесного состава материалов.

Масс-спектрометр с индуктивно связанной плазмой NexION 300D (Perkin Elmer) с системами высокочистого вскрытия проб с помощью микроволнового и термического автоклавирувания.

Вторично-ионный масс-спектрометр с время-пролетным масс-анализатором MiniSIMS (MILLBROOK Ltd.)

Оборудование для проведения спектральных исследований:

Спектрофотометр UNICO 2800 (190-1100 нм);

ИК-Фурье спектрометр Tensor-27 (Bruker GmbH).

Спектрофотометрический комплекс Ocean Optics, в составе 2 спектрофотометров видимого диапазона, рамановского спектрометра (200-2000 см⁻¹) с возбуждающим излучением 785 нм, спектрометра ближнего ИК диапазона NIR Quest (700-1750 нм), с интегрирующими сферами и оптоволоконными соединительными кабелями, светодиодными и лазерными источниками возбуждения в диапазоне 257- 978 нм.

Комплекс оборудования для проведения исследований спектрально-люминесцентных характеристик Fluorolog FL-22 (Horiba Jobin Yvon) с системой анализа кинетики затухания люминесценции

Оборудование для исследования образцов методами сканирующей электронной микроскопии и рентгеноспектрального микроанализа – VEGA-3 LUMO (Tesla Inc.) и INCA Energy 3-D MAX (Oxford Instruments).

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Модели молекул и кристаллов для демонстрации типов колебаний при составлении колебательного представления в методах спектроскопии КР и ИК..

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет..

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; раздаточный материал к практическим занятиям по дисциплине; альбомы и рекламные проспекты с основными видами и характеристиками приборов и материалов электронной техники, фотоники и квантовой электроники.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде по строению и свойствам материалов электронной техники; электронная картотека по рентгенофазовому анализу; электронная картотека по фазовым диаграммам состояния; кафедральные библиотеки электронных изданий.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	OriginPro 8.1 Department Wide License	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
2.	Неисключительная лицензия на использование SOLIDWORKS EDU Edition 2019-2020 Network - 200 Users	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	1 (одна) сетевая лицензия на 200 пользователей	бессрочно
3.	Компас-3D v18 на 50 мест. Проектирование и конструирование в машиностроении, лицензия.	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	2 лицензии на учебный комплект программного обеспечения для проектирования и конструирования в машиностроении, рассчитанные на активацию на 50 мест каждая.	бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Информационные системы и системы численного моделирования по фазовым равновесиям термодинамических систем	Знает: – Современные информационные базы данных, содержащих физико-химические характеристики веществ, на основе которых формируются гетерофазных пленочные структуры изделий электроники. – Возможности численного моделирования диаграмм фазовых равновесий многокомпонентных систем. Умеет: – Извлекать информацию о физико-химических характеристиках веществ, на основе которых формируются гетерофазных пленочные структуры изделий электроники, современные баз данных отечественных и зарубежных производителей. – Формировать пакет входных экспериментальных данных в различные системы численного моделирования для расчета многокомпонентных диаграмм фазовых равновесий. Владеет: – Навыками работы с современными информационными ресурсами в области хранения и обработки данных по физико-химическим характеристикам веществ, на основе которых формируются гетерофазных пленочные структуры изделий электроники,	Оценка за контрольную работу №1 Оценка за зачет
Раздел 2. Экспериментальные методы анализа структуры и состава гетерофазных пленочных структур	Знает: – Современные системы сканирующей электронной микроскопии, их характеристики и возможно решения тех или иных задач по анализу морфологии. – Современные аппаратные решения для исследований структуры и фазового состава материалов методами рентгеновской дифракции Умеет: – Подготавливать образцы для проведения электронно-микроскопического анализа и интерпретировать результаты проведенного морфологического, элементного и фазового анализов. – Подготавливать, проводить съемку и проводить количественный анализа спектров рентгеновской дифракции порошковых кристаллических и аморфных	Оценка за контрольную работу №1 Оценка за зачет 2

	материалов. Владеет: – Современными методами анализа морфологии, структуры, фазового и элементного составов материалов на основе конденсированных фаз индивидуальных веществ и химических соединений.	
Раздел 3. Экспериментальные методы анализа микропримесного анализа материалов для фотоники и электроники.	Знает: – Экспериментальные методы определения микропримесного состава объемных и тонкопленочных препаратов. Умеет: – Подготавливать образцы для проведения масс-спектральных исследований. Владеет: Современными методами анализа морфологии, структуры, фазового и элементного составов материалов на основе конденсированных фаз индивидуальных веществ и химических соединений.	Оценка за контрольную работу №2 Оценка за зачет
Раздел 4. Экспериментальные методы исследования спектрально-люминесцентных характеристик материалов для фотоники и электроники.	Знает: – Экспериментальные методы исследования спектрально-люминесцентных характеристик объемных, поликристаллических и тонкопленочных материалов Умеет: – Подготавливать образцы, проводить съемку и компьютерную обработку спектров фотолюминесценции, комбинационного рассеяния света, оптического поглощения в видимой и ИК области. Владеет: – Современными методами анализа морфологии, структуры, фазового и элементного составов материалов на основе конденсированных фаз индивидуальных веществ и химических соединений.	Оценка за контрольную работу №2 Оценка за зачет

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);
- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;
- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Обработка результатов физико-химического анализа материалов»
основной образовательной программы
 18.04.01 Химическая технология
 магистерская программа
 «Технология функциональных материалов электроники и фотоники»
 Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы фотоники»

**Направление подготовки
18.04.01 Химическая технология**

**Магистерская программа
«Технология функциональных материалов электроники и фотоники»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена:

К.т.н., доцентом кафедры химии и технологии кристаллов, К.А.Субботиным

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И. Менделеева

(Наименование кафедры)

«23» мая 2025 г., протокол № 13.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология, магистерская программа «Технология функциональных материалов электроники и фотоники» (ФГОС ВО), накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Основы фотоники» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области таких разделов физики, как оптика (в том числе, кристаллооптика), электростатика и электродинамика, магнетизм, теория распространения электромагнитных волн, квантовая механика, физическая электроника, кристаллография, а также теоретические основы химии и высшая математика.

Цель дисциплины – изучение основных физических явлениях и процессов, протекающих в активных и пассивных элементах твердотельных и волоконных лазеров, волоконно-оптических, электро-оптических и нелинейно-оптических устройств. Без таких знаний невозможны сознательные и эффективные подходы к разработке и организации технологий в сфере производства материалов и изделий фотоники.

Задачи дисциплины: формирование у обучающихся системных знаний и компетенций в области:

- принципов и основных режимов работы современных твердотельных и волоконных лазеров, спектральных, энергетических, пространственных и временных характеристик этих лазеров и основных требований к лазерным материалам;
- механизмов формирования стимулированного излучения в рабочих частицах твердотельных и волоконных лазеров;
- волоконной и нелинейной оптики.

Дисциплина «Основы фотоники» преподается в 1-м семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-4 Способен разрабатывать новые материалы и изделия электроники и наноэлектроники	ПК-4.1 Знает физические принципы работы материалов и изделий электроники и наноэлектроники ПК-4.2 Умеет подбирать материалы для создания изделий электроники и наноэлектроники с заданными функциональными свойствами - ПК-4.3 Владеет навыками создания материалов и изделий электроники и наноэлектроники с заданными свойствами	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт 29.002 «Специалист технического обеспечения технологических процессов производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. N 598н Обобщенная трудовая функция Ф. Координация работ по технической подготовке и сопровождению производства приборов квантовой электроники и фотоники на базе нанотехнологий.

				F/02.7 Разработка требований к уровню технической подготовки производства и контрольных показателей для его оценки (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.037 «Специалист по разработке технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция Е. Разработка концепции технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов(Е/03.7 Разработка технологической концепции производства нового прибора (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.039 «Специалист в области разработки полупроводниковых лазеров», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016)

				Обобщенная трудовая функция С/03.7. Научно-техническое сопровождение изготовления опытной партии разработанной новой модели полупроводникового лазера (уровень квалификации – 7).

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- Основные фундаментальные физические явления и закономерности, лежащие в основе функционирования твердотельных и волоконных лазеров и иных важнейших, изделий и приборов квантовой электроники, волоконной и нелинейной оптики
- Основные тенденции развития и современные проблемы физики лазеров, оптической спектроскопии, волоконной и нелинейной оптики;

Уметь:

- Качественно провести обзор имеющихся в современной научной литературе экспериментальных и теоретических данных по различным проблемам физики лазеров, оптической спектроскопии, волоконной и нелинейной оптики;
- Выделить в большом объеме научно-технической информации важные с точки зрения области своих научных интересов моменты, не тратя время на изучение информации, второстепенной с этой точки зрения.
- грамотно поставить физический эксперимент по исследованию оптических (в том числе, нелинейно-оптических), спектрально-люминесцентных, лазерных генерационных и иных характеристик новых оптических материалов, в том числе – корректно произвести подготовку образца к тому или иному виду его исследований;
- правильно интерпретировать и анализировать результаты отдельных экспериментов такого рода, а также систематизировать и обобщать результаты серий таких экспериментов с учетом имеющихся литературных данных, в том числе - критически осмыслить обнаруженные экспериментальные зависимости и тенденции с точки зрения их статистической значимости с учетом случайных и систематических погрешностей измерений;
- подготовить научную публикацию, доклад на научном мероприятии и раздел квалификационной работы по результатам таких экспериментов.

Владеть:

- основной специальной русско- и англоязычной терминологией, применяемой в таких областях науки, как физическое материаловедение, волоконная и нелинейная оптика, оптическая спектроскопия, физика лазеров, физическая электроника;
- навыками поиска в библиотеках и в электронных ресурсах научно-технической литературы информации по физическому материаловедению, квантовой электронике, волоконной и нелинейной оптике, оптической спектроскопии, по соответствующим разделам общей физики, физической химии твердого состояния, физической электроники.
- навыками общения со своими будущими коллегами – представителями смежных профессий (прежде всего, физиками и техническим персоналом) с использованием хорошо известных им терминов, понятий и категорий.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины

	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,5	51	38,25
Лекции	1	34	25,5
Практические занятия (ПЗ)	0,5	17	12,75
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	0
Самостоятельная работа	1,5	57	42,75
Вид контроля:			
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
Вид итогового контроля:	Экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Сам. работа
1.	Раздел 1. Введение в физику лазеров	25	0	9	0	4	0	0	0	12
1.1	Основные понятия и определения в лазерной физике	5	0	2	0	1	0	0	0	2
1.2	Принцип работы лазеров, пороговое условие лазерной генерации, энергетические характеристики лазеров	6	0	2	0	1	0	0	0	3
1.3	Пространственные характеристики лазерного излучения, продольные и поперечные моды, режим синхронизации мод	6	0	2	0	1	0	0	0	3
1.4	Временные характеристики лазерного излучения, импульсные режимы генерации	4	0	2	0	0	0	0	0	2
1.5	Спектральные характеристики лазерного излучения, управление частотой лазерного излучения	4	0	1	0	1	0	0	0	2
2.	Раздел 2. Оптическая спектроскопия материалов фотоники	50	0	15	0	8	0	0	0	27

2.1	Изолированные одно- и многоэлектронные атомы. Виды взаимодействий и энергетические уровни	10	0	3	0	1	0	0	0	6
2.2	Примесные ионы в конденсированной среде. Взаимодействие с матрицей.	6	0	1	0	2	0	0	0	3
2.3	Оптическое поглощение и фотолюминесценция, безызлучательная релаксация, междоузельные взаимодействия	7	0	2	0	1	0	0	0	4
2.4	Важнейшие редкоземельные ионы-активаторы для лазеров и люминофоров	13	0	5	0	2	0	0	0	6
2.5	Особенности спектрально-люминесцентных свойств 3d-ионов в конденсированных средах	5	0	1	0	1	0	0	0	3
2.6	Важнейшие 3d ионы-активаторы для лазеров и люминофоров	9	0	3	0	1	0	0	0	5
3.	Раздел 3. Основы волоконной оптики	15	0	5	0	2	0	0	0	8
3.1	Особенности распространения света по волокну. Типы оптических волокон, оптические потери в волокне.	8	0	3	0	1	0	0	0	4
3.2	Важнейшие способы коммутации оптических волокон	3	0	0	0	1	0	0	0	2
3.3	Способы генерации и усиления оптических сигналов в волокнах	4	0	2	0	0	0	0	0	2
4.	Раздел 4. Нелинейно-оптические явления в фотонике	18	0	5	0	3	0	0	0	10

4.1	Причины возникновения и виды нелинейно-оптических явлений	3	0	1	0	0	0	0	0	2
4.2	Некогерентные нелинейно-оптические явления.	4	0	1	0	1	0	0	0	2
4.3	Когерентные нелинейно-оптические явления.	4	0	1	0	1	0	0	0	2
4.4	Многофотонные процессы	3	0	1	0	0	0	0	0	2
4.5	Вынужденное комбинационное рассеяние света, ВКР-лазеры и усилители	2	0	0	0	1	0	0	0	1
4.6	Магнито-оптические явления и их применение в фотонике	2	0	1	0	0	0	0	0	1
	ИТОГО	108	0	34	0	17	0	0	0	57
	Экзамен	36								
	ИТОГО	144								

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение в физику лазеров

1.1. Основные понятия и определения в лазерной физике. Фотолюминесценция, вынужденная люминесценция, время жизни и квантовый выход, сечение люминесценции, оптическое поглощение из основного и возбужденного состояний. Когерентность. Основные типы лазеров, их преимущества и недостатки. Активная среда и рабочие частицы твердотельных лазеров, требования к ним. Виды накачки лазеров.

1.2. Конструкция и принцип работы лазера и оптического квантового усилителя. Порог генерации и пороговое условие генерации, коэффициент поглощения и коэффициент усиления активной среды, инверсная заселенность, трех- и четырехуровневая схема генерации, активные и пассивные потери. Энергетические характеристики лазеров: дифференциальный и полный КПД, максимальная мощность генерации, термомеханические и термооптические факторы, ограничивающие максимальную мощность генерации.

1.3. Пространственные характеристики лазерного излучения, диаметр и расходимость лазерного луча. Дифракционный предел, продольные и поперечные моды, Способы достижения одномодовой лазерной генерации. Получение ультра-коротких лазерных импульсов в режиме синхронизации мод и важнейшие методы достижения этого режима. Специальные требования к активной среде лазеров, работающих в режиме синхронизации мод. Дисперсия групповых скоростей и способы ее компенсации.

1.4. Временные характеристики лазерного излучения, непрерывная и импульсная генерация, полуширина импульса, скважность, частота следования импульсов. Режим свободных импульсов. Получение коротких лазерных импульсов высокой средней мощности в режиме модуляции добротности. Способы получения данного режима генерации. Активная и пассивная модуляция добротности. Обтюратор, ячейка Поккельса, акусто-оптический модулятор. Насыщающиеся поглотители.

1.5. Спектральные характеристики лазерного излучения. Спектр усиления активной среды и спектр генерации. Паразитное поглощение и поглощение из возбужденного состояния как факторы, ограничивающие диапазон генерации лазера. Способы управления частотой лазерного излучения, многочастотная генерация и ее применение. Плавная перестраиваемая по частоте лазерная генерация, способы такой перестройки, особые требования к активной среде перестраиваемых лазеров. Полуширина спектра люминесценции кристалла и диапазон перестройки генерации лазера на этом кристалле.

Раздел 2. Оптическая спектроскопия материалов фотоники

2.1. Изолированные одно- и многоэлектронные атомы (ионы), квантовые числа, электронные оболочки и орбитали, спин. Основные виды взаимодействий, правила сложения орбитальных и спиновых моментов, принцип Паули и правила Хунда. Замкнутая и незамкнутая электронные оболочки, энергетические уровни, электронные термы и их обозначения, диаграмма энергетических уровней РЗ-ионов Дике.

2.2. Примесные атомы (ионы) в конденсированной среде. Запрещенная зона и локальные энергетические уровни примесных ионов. Штарковское расщепление электронных уровней примесных центров кристаллическим полем (полем лигандов) матрицы. Электронно-колебательное взаимодействие.

2.3. Оптическое поглощение. Электронные переходы и правила отбора. Электродипольные и магнитодипольные переходы. Вероятности переходов, сечения переходов, коэффициенты ветвления. Метод Джадда-Офельта. Основные виды люминесценции. Моноэкспоненциальный и непоноэкспоненциальный распад возбужденного состояния. Безызлучательная многофононная релаксация возбужденного состояния. Особенности спектральных переходов с переносом заряда и межкаонфигурационных переходов. Безызлучательный перенос энергии возбужденного состояния между оптическими центрами в твердых телах. Резонансный и нерезонансный,

обычный и кооперативный перенос. Факторы, определяющие эффективность различных видов переноса. Микропараметр донор-акцепторного взаимодействия. Ап-конверсия и кросс-релаксация как особые виды такого переноса. Пленение возбуждений. Концентрационное тушение люминесценции.

2.4. Важнейшие редкоземельные ионы-активаторы для лазеров и люминофоров. Иттрий как лазерный активатор. Преимущества и недостатки. Штарковское расщепление основного состояния Yb^{3+} и полуширины спектральных полос как важнейшие параметры активных сред, легированных Yb. Тулий как лазерный ион. Спектральная область генерации ионов тулия и сферы применения лазеров этого диапазона. Важнейшие схемы оптической накачки кристаллов легированных тулием. Гольмий как дополнительный активатор тулиевых лазеров. Эрбий как активатор для лазеров и усилителей. Спектральные области его генерации (усиления) и значения этих областей. Важнейшие схемы оптической накачки эрбиевых лазеров и усилителей, особенности динамики заселения и разгрузки различных энергетических уровней Er^{3+} . Роль со-активаторов в оптических средах, легированных эрбием. Неодим как лазерный ион. Спектральные переходы Nd^{3+} , используемые для лазерной генерации, диапазоны и области применения этой генерации. Самарий и диспрозий как активаторы для люминофоров. Условия, необходимые для получения лазерной генерации ионов Dy^{3+} в среднем ИК-диапазоне. Реализованные каналы генерации и используемые способы накачки. Применение когерентного излучения среднего ИК-диапазона. Eu^{3+} как активатор люминофоров. Термостимулированная люминесценция, ее механизмы и сферы применения. Особенности и области применения спектральных $4f \leftrightarrow 5d$ – переходов в ионах Eu^{2+} и Ce^{3+} . Лазерная генерация ионов Ce^{3+} на $4f \leftrightarrow 5d$ – переходе и проблемы ее получения. Особые требования к матрицам для твердотельных лазеров ультрафиолетового диапазона.

2.5. Особенности спектрально-люминесцентных свойств 3d-ионов в конденсированных средах. Превалирующие виды взаимодействий 3d- электронной оболочки в этих ионах. t_{2g} и e_g – орбитали. Теория кристаллического поля как способ описания и прогнозирования энергий электронных уровней 3d – ионов. Диаграммы Танабе-Сугано. Электронные и электронно-колебательные переходы в ионах группы железа.

2.6. Важнейшие 3d ионы-активаторы (Ti^{3+} , Cr^{3+} , Cr^{4+} и Cr^{2+}) для люминофоров, а также перестраиваемых и фемтосекундных твердотельных лазеров, их сравнительные характеристики, преимущества и недостатки. Способы накачки и диапазоны генерации этих ионов. Двухвалентный кобальт в различных структурных локализациях как вид рабочих частиц активных и пассивных элементов лазерной техники. Особенности спектрально-люминесцентных характеристик трехвалентного хрома в сильном, среднем и слабом кристаллическом поле. Стабилизация валентного состояния Ti^{3+} и Cr^{4+} ионов. Проблемы безызлучательной релаксации возбужденного состояния ионов Cr^{4+} и Co^{2+} .

Раздел 3. Основы волоконной оптики

3.1. Особенности распространения света по волокну. Типы и конструкция оптических волокон, числовая апертура, длина волны отсечки. История развития волоконной оптики. Преимущества волоконно-оптической связи. Основные сферы применения оптических волокон. Модовая, хроматическая и волноводная дисперсии света в волокнах, основные причины затухания сигнала в волокнах и способы борьбы с ними. Сроки службы и стойкость волокон к различным воздействиям.

3.2. Важнейшие способы коммутации оптических волокон. Разъемные и неразъемные соединения волокон. Основные виды оптических соединителей и разветвителей, мультиплексоров, оптических переключателей. Оптические потери на соединениях и способы борьбы с ними.

3.3. Способы генерации и усиления оптических сигналов в волокнах. Конструкция, принцип работы, достоинства и недостатки иттербиевых волоконных лазеров и эрбиевых

волоконных усилителей. Важнейшие пассивные оптические элементы (брэгговские зеркала, GTW-волокна).

Раздел 4. Нелинейно-оптические явления в фотонике

4.1. Причины возникновения и виды нелинейно-оптических явлений. Классификация и физическая сущность нелинейно-оптических явлений, когерентные, некогерентные и параметрические явления, квадратичная и кубическая нелинейность.

4.2. Эффект Поккельса и эффекты Керра. Керровская самофокусировка (саморасфокусировка), каналирование, схлопывание света в конденсированной среде. Физическая сущность и практические применения данных явлений. Прочие виды самофокусировки (саморасфокусировки) света в конденсированных средах. Самомодуляция и кросс-модуляция света в конденсированной среде.

4.3. Генерация высших гармоник лазерного излучения, суммарной и разностной частот, опыт Франкена. Параметрические генерация и усиление света. Физическая сущность и практические применения данных явлений. Ограничение на симметрию кристаллов, в которых возможны такие явления. Условие фазового синхронизма.

4.4. Многофотонные процессы. Отличия от каскадных процессов. Условие возникновения и квантово-механическое обоснование возможности протекания многофотонных процессов. Многофотонное оптическое поглощение, люминесценция, фотоионизация, оптический пробой.

4.5. Фононы, фононные моды, комбинационное рассеяние света. Вынужденное комбинационное рассеяние света, условия его возникновения. ВКР-лазеры и усилители, их конструкции и практическое применение.

4.6. Магнито-оптические явления и их применение в фотонике. Прямой и обратный эффекты Зеемана. Циркулярная поляризация света. Эффект Фарадея, его физическая сущность, конструкции и принцип работы фарадеевских изоляторов света, используемые для этого материалы.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать:				
1	– Основные фундаментальные физические явления и закономерности, лежащие в основе функционирования твердотельных и волоконных лазеров и иных важнейших, изделий и приборов квантовой электроники, волоконной и нелинейной оптики	+	+	+	+
2	– Основные тенденции развития и современные проблемы физики лазеров, оптической спектроскопии, волоконной и нелинейной оптики	+	+	+	+
	Уметь:				
3	– Качественно провести обзор имеющихся в современной научной литературе экспериментальных и теоретических данных по различным проблемам физики лазеров, оптической спектроскопии, волоконной и нелинейной оптики;	+	+	+	+
4	– Выделить в большом объеме научно-технической информации важные с точки зрения области своих научных интересов моменты, не тратя время на изучение информации, второстепенной с этой точки зрения;	+	+	+	+
5	– грамотно поставить физический эксперимент по исследованию оптических (в том числе, нелинейно-оптических), спектрально-люминесцентных, лазерных генерационных и иных характеристик новых оптических материалов, в том числе – корректно произвести подготовку образца к тому или иному виду его исследований;	+	+	+	+
6	– правильно интерпретировать и анализировать результаты отдельных экспериментов такого рода, а также систематизировать и обобщать результаты серий таких экспериментов с учетом имеющихся литературных данных, в том числе - критически осмыслить обнаруженные экспериментальные зависимости и тенденции с точки зрения их статистической значимости с учетом случайных и систематических погрешностей измерений;	+	+	+	+
7	– подготовить научную публикацию, доклад на научном мероприятии и раздел квалификационной работы по результатам таких экспериментов.	+	+	+	+
	Владеть: (перечень из п.2)				

8	– основной специальной русско- и англоязычной терминологией, применяемой в таких областях науки, как физическое материаловедение, волоконная и нелинейная оптика, оптическая спектроскопия, физика лазеров, физическая электроника;	+	+	+	+
9	– навыками поиска в библиотеках и в электронных ресурсах научно-технической литературы информации по физическому материаловедению, квантовой электронике, волоконной и нелинейной оптике, оптической спектроскопии, по соответствующим разделам общей физики, физической химии твердого состояния, физической электроники;	+	+	+	+
10	– навыками общения со своими будущими коллегами – представителями смежных профессий (прежде всего, физиками и техническим персоналом) с использованием хорошо известных им терминов, понятий и категорий.	+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
11	ПК-4 Способен разрабатывать новые материалы и изделия электроники и нанoeлектроники	ПК-4.1 Знает физические принципы работы материалов и изделий электроники и нанoeлектроники	+	+	+
		ПК-4.2 Умеет подбирать материалы для создания изделий электроники и нанoeлектроники с заданными функциональными свойствами	+	+	+
		ПК-4.3 Владеет навыками создания материалов и изделий электроники и нанoeлектроники с заданными свойствами	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Предусмотрены практические занятия обучающегося в магистратуре в объеме 17 акад. ч. (раздел 1 – 4 акад. ч., раздел 2 – 8 акад. ч., раздел 3 – 2 акад. ч., раздел 4 – 3 акад. ч.)

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Продольные и поперечные моды лазерного излучения. Режим синхронизации мод и способы его достижения	2
2	1	Режим модуляции добротности лазера, способы его достижения	2
3	2	Виды взаимодействий и энергетические уровни в изолированных атомах и ионах	2
4	2	Взаимодействие примесных ионов с матрицей	2
5	2	Оптическое поглощение и фотолюминесценция примесных ионов в конденсированных средах	2
6	2	Безызлучательный межцентровой энергообмен редкоземельных ионов в твердотельных матрицах	2
7	3	Важнейшие способы коммутации оптических волокон	2
8	4	Эффект Поккельса и эффекты Керра. Самофокусировка, самомодуляция и кросс-модуляция света в конденсированной среде	2
9	4	Многофотонные процессы в конденсированных средах	1

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала и подготовку к выполнению контрольных работ по разделам курса;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы и работу с электронно-библиотечными системами, включая публикации из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Physical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня;
- участие в научных мероприятиях РХТУ им. И. Менделеева по тематике курса;
- подготовку к сдаче экзамена по курсу.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из

литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме экзамена (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

1. Продольные и поперечные моды лазерного излучения.
2. Режим синхронизации мод и способы достижения этого режима работы лазеров.
3. Режим модуляции добротности лазера, способы его достижения.
4. Виды взаимодействий и энергетические уровни в изолированных атомах и ионах
5. Взаимодействие примесных ионов с матрицей.
6. Оптическое поглощение и фотолюминесценция примесных ионов в конденсированных средах.
7. Безызлучательный межцентровой энергообмен редкоземельных ионов в твердотельных матрицах.
8. Важнейшие способы коммутации оптических волокон.
9. Эффект Поккельса и его применение в фотонике.
10. Эффекты Керра и их применение в фотонике.
11. Самомодуляция и кросс-модуляция света в конденсированной среде
12. Многофотонные процессы в конденсированных средах

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 теста (по 1 тесту на разделы 1 и 2 и один объединенный тест по разделам 3 и 4). Для каждого обучающегося каждый тест состоит из 10 вопросов, на каждый из которых предложено по 5 вариантов ответа. Среди этих пяти ответов правильными являются от 0 до 5 (т.е., может не оказаться ни одного правильного ответа, а могут правильными быть и все пять ответов). Максимальная оценка за каждый вопрос теста составляет 2 балла и ставится в случае, если тестируемый студент указал все правильные ответы и не указал ни одного неправильного ответа. За каждый неуказанный правильный ответ, а также ошибочно указанный неправильный ответ оценка снижается. Общая оценка за тест вычисляется как сумма всех набранных баллов за каждый вопрос теста. Максимальная оценка за каждый тест составляет 20 баллов, а за все три теста – 60 баллов.

Раздел 1.

Примеры вопросов теста (правильные вопросы выделены жирным шрифтом)

Тест № 1.

1. Что в физике лазеров понимают под термином «инверсная заселенность»?	а	Количество активных центров в возбужденном состоянии превышает количество активных центров в основном состоянии
	б	Количество активных центров на

		верхнем лазерном уровне превышает количество активных центров на нижнем лазерном уровне
	в	Количество электронов на возбужденном состоянии активного центра превышает количество электронов в основном состоянии активного центра
	г	Количество электронов на верхнем лазерном уровне активного центра превышает количество электронов на нижнем лазерном уровне активного центра
	д	Количество квантов излучения накачки, поглощаемое активными частицами лазерной среды в единицу времени превышает количество излученных квантов за это же время

2. Что является отличительной особенностью вынужденной (стимулированной) люминесценции, нехарактерной для спонтанной люминесценции?	а	Когерентность излучения
	б	Применимость к ней такого понятия, как константа затухания люминесценции
	в	Применимость к ней такого понятия, как поперечное сечение люминесценции
	г	Может возникать только в оптически прозрачной (нерассеивающей) среде
	д	Может возникать только при оптическом возбуждении

3. Как можно избежать ситуации, при которой коэффициент поглощения из возбужденного состояния на длине волны генерации превышает коэффициент усиления активной среды	а	Увеличить интенсивность оптической накачки
	б	Уменьшить интенсивность оптической накачки
	в	Увеличить длину активного элемента
	г	Никак. Только использовать активную лазерную среду другого вида
	д	А ничего и не нужно делать. Поглощение из возбужденного состояния практически не мешает лазерной генерации

4. Для какого режима работы лазера критически важным является обеспечение компенсации дисперсии групповых скоростей	а	Для перестраиваемого по частоте
	б	Для непрерывного
	в	Для одномодового
	г	Для режима модуляции добротности
	д	Для режима синхронизации мод

5. Дифракционный предел расходимости лазерного луча – это минимальная теоретически достижимая расходимость лазерного луча, обусловленная...	а	... дифракцией света на торцах активного элемента
	б	... дифракционными потерями в линзах, зеркалах и иных пассивных оптических элементах лазерной системы
	в	... многомодовым характером генерации в режиме синхронизации мод
	г	... дифракцией света на диспергирующем элементе в режиме плавной перестройки длины волны генерации
	д	... принципом неопределенности Гейзенберга

6. С помощью чего формируются лазерные импульсы в режиме модуляции добротности	а	С помощью электрооптической ячейки Погкельса
	б	С помощью минимальной мощности (эффективности) накачки. При этом даже весьма дохлый и короткий импульс снимает с трудом достигнутую инверсную населенность. После этого генерация прекращается до тех пор, пока инверсная населенность снова не будет накоплена
	в	С помощью эффекта Керровской нелинейности
	г	С помощью полупроводникового насыщающегося зеркала
	д	С помощью диэлектрического насыщающегося поглотителя

7. Для экспериментального наблюдения поглощения из возбужденного состояния необходимо (но технически не очень просто) обеспечить...	а	Равномерно высокую концентрацию поглощающих частиц в образце
	б	Равномерно высокую долю поглощающих частиц, находящихся в возбужденном состоянии, по отношению к общему количеству таких частиц в образце
	в	Отсутствие спонтанной люминесценции образца при его возбуждении
	г	Отсутствие симулированной люминесценции образца при его возбуждении
	д	Высокую стабильность интенсивности пробного луча

8. Что ограничивает максимально достижимую мощность непрерывной генерации твердотельного лазера?	а	Образование термлинзы
	б	Снижение квантового выхода стимулированной люминесценции по мере нагрева активного элемента
	в	Разрушение активного элемента слишком мощным световым потоком
	г	Поглощение из возбужденного состояния в активной среде, интенсивность которого растет по мере увеличения интенсивности накачки активного элемента
	д	Концентрационное тушение люминесценции, интенсивность которого растет по мере увеличения интенсивности накачки активного элемента

9. Каким образом можно избавиться от ненужных продольных мод и получить одномодовую лазерную генерацию?	а	Поставить апертурную диафрагму внутрь резонатора
	б	Поставить апертурную диафрагму снаружи резонатора возле выходного зеркала
	в	Поставить компенсатор дисперсии групповых скоростей внутрь резонатора
	г	Поставить эталон Фабри-Перо внутрь резонатора
	д	Поставить эталон Фабри-Перо снаружи резонатора возле выходного зеркала

10. Как соотносится диапазон полосы люминесценции активной лазерной среды с диапазоном возможной плавной перестройки частоты генерации лазера на этой активной среде?	а	Эти диапазоны полностью совпадают
	б	Ширина полосы перестройки генерации соответствует полуширине полосы люминесценции активной среды
	в	В случае малого стоксова сдвига между полосой люминесценции и полосой поглощения на обратном переходе коротковолновая часть полосы люминесценции не участвует в лазерной генерации
	г	Диапазон перестройки уже диапазона люминесценции, в случае наличия оптического поглощения из возбужденного состояния на длине волны генерации
	д	Диапазон перестройки уже

		диапазона люминесценции, т.к. в областях малоинтенсивной люминесценции пороговое условие генерации трудновыполнимо

Раздел 2.

Примеры вопросов теста (правильные вопросы выделены жирным шрифтом)

Тест № 2.

1. Какие виды взаимодействий характерны для одно электронного изолированного атома? Выбрать правильный список	а	Кулоновское, спин-орбитальное, спин-спиновое
	б	Кулоновское, штарковское, зеемановское
	в	Спиновое, орбитальное, обменное
	г	Штарковское, электронно-колебательное, перенос заряда или энергии возбуждения
	д	орбитальное, спин-орбитальное, спин-спиновое

2. Какие численные значения может принимать в атоме орбитальное квантовое число отдельно взятого электрона?	а	0, +1, -1, +2, -2, +3, -3, и т.д.
	б	0, 1, 2, 3, 4, и т.д.
	в	1, 2, 3, 4, 5, и т.д.
	г	+1/2, -1/2
	д	0, +1/2, -1/2, +3/2, -3/2, +5/2, -5/2, и т.д.

3. За что «отвечает» магнитное квантовое число отдельно взятого электрона в атоме?	а	За размер орбитали электрона
	б	За номер атомного слоя и, в какой-то степени, за размер орбитали электрона
	в	За форму электронного облака и модуль магнитного момента орбитали электрона
	г	За пространственную ориентацию орбитали и величину проекции магнитного момента орбитали электрона на ось квантования
	д	За пространственную ориентацию орбитали электрона и проекцию магнитного момента орбитали на ось квантования, а в ряде случаев - также и за форму орбитали

4. Какие значения может принимать суммарный орбитальный момент количества движения L электронной	а	Только $L = 2l$
	б	Только $L = 2l-1$
	в	$L = 2l, L = 2l-1, L = 2l-2$, и т.д., вплоть

оболочки атома, состоящей из двух электронов с орбитальным квантовым числом l , если атом <u>находится в основном состоянии</u> ?		до $L = 0$
	г	$L = 2l-1, L = 2l-2, L = 2l-3$, и т.д., вплоть до $L = 0$
	д	$L = 2l, L = 2l-1, L = 2l-2$, и т.д., вплоть до $L = -2l$

5. Штарковское расщепление в примесном атоме (ионе) в матрице - это...	а	Возникновение разницы в энергиях электронов незамкнутой оболочки, имеющих разные магнитные квантовые числа, под действием тепловых колебаний окружающих атомов
	б	Возникновение разницы в энергиях электронов незамкнутой оболочки, имеющих разные магнитные квантовые числа, под действием внешнего электростатического поля
	в	Возникновение разницы в энергиях электронов незамкнутой оболочки, имеющих разные магнитные квантовые числа, под действием внешнего стационарного магнитного поля
	г	Возникновение разницы в энергиях электронов незамкнутой оболочки, имеющих противоположные спины, под действием внешнего электростатического поля
	д	Возникновение разницы в энергиях электронов незамкнутой оболочки, имеющих противоположные спины, под действием внешнего стационарного магнитного поля

6. Согласно правилам отбора, спектральный переход между двумя соседними энергетическими уровнями запрещен. Это означает, что...	а	запрет является категорическим, т.е., действительно нельзя
	б	вероятность такого перехода на порядки величины меньше, чем в случае разрешенного перехода
	в	запрет носит чисто номинальный характер и относится только к изолированным атомам (ионам). В конденсированных средах все переходы разрешены
	г	есть некоторые виды физических явлений, которые могут в значительной степени снять этот запрет

	д	переход может произойти также и за счет многофононных процессов, на которые данный запрет не распространяется, но люминесценции (оптического поглощения) при этом не будет

7. Как связана величина наблюдаемого (кажущегося, измеренного) времени жизни возбужденного состояния τ_n с вероятностью (скоростью) конкретного, исследуемого люминесцентного перехода $W_{\text{люм}}^i$, с суммарной вероятностью (скоростью) всех возможных каналов люминесценции с данного возбужденного состояния $\Sigma W_{\text{люм}}$, с вероятностью (скоростью) безызлучательной многофононной релаксации с данного возбужденного состояния $W_{\text{без}}$, а также с суммарной вероятностью (скоростью) всех возможных безызлучательных взаимодействий рассматриваемого активного центра с соседними активными центрами или с компонентами матрицы, приводящих к опорожнению данного возбужденного состояния $\Sigma W_{\text{взаим}}$	а	$\tau_n = 1/W_{\text{люм}}^i$
	б	$\tau_n = 1/\Sigma W_{\text{люм}}$
	в	$\tau_n = 1/(W_{\text{люм}}^i + W_{\text{без}})$
	г	$\tau_n = 1/(\Sigma W_{\text{люм}} + W_{\text{без}})$
	д	$\tau_n = 1/(\Sigma W_{\text{люм}} + W_{\text{без}} + \Sigma W_{\text{взаим}})$

8. Как разделить вклады поглощения из возбужденного состояния и ап-конверсии в общую скорость заселения высоколежащего возбужденного состояния активных центров при возбуждении квантами низких энергий	а	Построить зависимость интенсивности анти-стоксовой люминесценции от интенсивности длинноволнового возбуждения. При доминировании поглощения из возбужденного состояния зависимость окажется близкой к линейной, а при доминировании ап-конверсии – близкой к квадратичной
	б	Построить зависимость интенсивности анти-стоксовой люминесценции от интенсивности длинноволнового возбуждения. При доминировании поглощения из возбужденного состояния зависимость окажется близкой к квадратичной, а при доминировании ап-конверсии - близкой к линейной
	в	Построить зависимость интенсивности анти-стоксовой люминесценции от интенсивности длинноволнового возбуждения. При

		доминировании поглощения из возбужденного состояния зависимость окажется близкой к линейной, а при доминировании ап-конверсии - близкой к экспоненциальной
	г	Построить зависимость интенсивности анти-стоксовой люминесценции от концентрации активных частиц в образце. При доминировании поглощения из возбужденного состояния зависимость окажется близкой к линейной, а при доминировании ап-конверсии - близкой к квадратичной
	д	Построить зависимость интенсивности анти-стоксовой люминесценции от концентрации активных частиц в образце. При доминировании поглощения из возбужденного состояния зависимость окажется близкой к квадратичной, а при доминировании ап-конверсии - близкой к линейной

9. Какую проблему решает добавление ионов иттербия в лазерные кристаллы (стекла), активированные ионами эрбия и предназначенные для генерации в полуторамикронной области спектра	а	Малая эффективность заселения верхнего лазерного уровня $^4I_{13/2}$ иона Er^{3+} , вследствие слишком длинного времени жизни уровня $^4I_{11/2}$
	б	Малая эффективность депопуляции нижнего лазерного уровня $^4I_{13/2}$ иона Er^{3+} , по причине слишком длинного времени жизни этого уровня, следствием чего являются сложности в создании инверсной заселенности между верхним и нижним лазерными уровнями
	в	Очень низкое сечение поглощения перехода $^4I_{15/2} \rightarrow ^4I_{11/2}$ иона Er^{3+}, следствием чего являются малая эффективность оптической накачки уровня $^4I_{11/2}$
	г	Очень низкое сечение поглощения перехода $^4I_{15/2} \rightarrow ^4I_{13/2}$ иона Er^{3+} , следствием чего являются малая эффективность оптической накачки уровня $^4I_{13/2}$
	д	Развитая ап-конверсия в ионах Er^{3+} .

10. Какие преимущества характерны для Ti^{3+} как лазерного иона-активатора?	а	Возможность накачки доступными и эффективными полупроводниковыми диодными лазерами
	б	широчайшая полоса люминесценции, что позволяет получать рекордно короткие лазерные импульсы в режиме синхронизации мод
	в	диапазон генерации лежит в перспективном среднем ИК-диапазоне
	г	диапазон генерации лежит в телекоммуникационном диапазоне
	д	отсутствие поглощения из возбужденного состояния в спектральном диапазоне генерации

Разделы 3, 4.

Примеры вопросов теста (правильные вопросы выделены жирным шрифтом)

Тест № 3.

1. Чем различаются сердцевина и оболочка современных промышленных оптических волокон, предназначенных для передачи оптического сигнала	а	они имеют совершенно разный химический состав
	б	составом легирующих примесей при том, что в целом химический состав сердцевины и оболочки достаточно близок
	в	показателем преломления (у сердцевины больше, чем у оболочки)
	г	показателем преломления (у оболочки больше, чем у сердцевины)
	д	наличием у сердцевины люминесцентных свойств

2. Как зависит показатель преломления диэлектрических кристаллов и стекол от длины волны в широком интервале длин волн (от жесткого УФ до дальнего ИК-диапазона)	а	Монотонно растет с ростом длины волны
	б	Монотонно падает с ростом длины волны
	в	Проходит через максимум
	г	Проходит через минимум
	д	Есть несколько резонансных длин волн, при приближении к которым показатель преломления резко, лавинообразно растет, а вдалеке от которых проходит через локальные минимумы

3. Почему наиболее оптимальным спектральным диапазоном для оптоволоконной связи считается	а	В этом диапазоне имеются наиболее эффективные перестраиваемые по частоте источники когерентного

диапазон 1200-1600 нм?		оптического излучения
	б	В этом диапазоне имеются наиболее эффективные широкополосные усилители когерентного оптического излучения
	в	В этом диапазоне длин волн практически отсутствуют полосы оптического поглощения случайных примесей, наиболее характерных для кварцевого оптоволокна
	г	Этот диапазон обеспечивает оптимальное сочетание минимальных хроматической и модовой дисперсий света в кварцевом волокне
	д	Этот диапазон обеспечивает оптимальное сочетание минимальной хроматической дисперсии и невысокого уровня потерь на рассеяние света в кварцевом волокне

4. что является главным источником шумов в эрбиевых волоконных усилителях?	а	попадание некогерентного излучения накачки из оболочки в сердцевину волокна
	б	попадание некогерентного излучения накачки через выходное зеркало усилителя в основной тракт передающего волокна
	в	спонтанная люминесценция эрбия
	г	суперлюминесценция эрбия
	д	флуктуации коэффициента усиления эрбиевого усилителя

5. В чем заключается «нелинейность» нелинейно-оптических явлений?	а	Зависимость коэффициента оптического поглощения (стимулированной люминесценции) среды от длины волны света
	б	Зависимость коэффициента оптического поглощения (стимулированной люминесценции) среды от направления света (в случае некубических кристаллов)
	в	Зависимость коэффициента оптического поглощения (стимулированной люминесценции) среды от концентрации поглощающих частиц
	г	коэффициента оптического поглощения (стимулированной люминесценции) среды от интенсивности света
	д	коэффициента оптического поглощения

		(стимулированной люминесценции) среды от температуры

6. Самомодуляция света это искажение формы световых импульсов во временнОй развертке вследствие ...	а	вариаций оптических свойств среды во времени, происходящих под воздействием самих этих импульсов
	б	вариаций оптических свойств среды во времени, происходящих под воздействием другого луча света, проходящего через эту же область среды
	в	пространственных вариаций оптических свойств среды, наведенных воздействием самих этих импульсов на среду
	г	пространственных вариаций оптических свойств среды, наведенных в среде воздействием другого луча света, проходящего через эту же область среды
	д	вариаций оптических свойств среды во времени, происходящих под воздействием внешнего электрического поля

7. Что продемонстрировал опыт Франкена	а	Самофокусировку пучка интенсивного света в конденсированной среде
	б	Наведенное двулучепреломление света под действием внешнего электрического поля
	в	Генерацию второй гармоники лазерного излучения в нелинейно-оптическом кристалле
	г	Генерацию разностной частоты двухчастотного лазерного излучения в нелинейно-оптическом кристалле
	д	Параметрическую генерацию света в нелинейно-оптическом кристалле

8. В каких средах возможен оптический или электрический эффект Керра?	а	в любых конденсированных
	б	в кристаллах и стеклах
	в	только в кристаллах
	г	только в кристаллах некубических сингоний
	д	только в кристаллах, в которых отсутствует такое сочетание элементов симметрии, как ось и перпендикулярная ей плоскость симметрии

9. В чем отличие заброса активной	а	В случае ДП поглощаемые кванты

частицы на высоколежащее возбужденное состояние в результате двухфотонного оптического поглощения (ДП) от такового в результате поглощения из возбужденного состояния (ПВС)?		могут иметь произвольную энергию, лишь бы сумма энергий этих квантов соответствовала энергии конечного высоколежащего возбужденного состояния, а в случае ПВС требуются кванты конкретных энергий
	б	Для ДП требуется высокая концентрация активных частиц, а для ПВС - нет
	в	Для ПВС требуется высокая концентрация активных частиц, а для ДП – нет
	г	Для ДП требуется высокая интенсивность излучения, а для ПВС – нет
	д	ПВС идет в два этапа, между которыми возможен небольшой «перекур», а ДП идет сразу, в один присест

10. чем пьезоэлектрики отличаются от сегнетоэлектриков?	а	поляризуются под действием механических деформирующих нагрузок
	б	возможностью образовывать спонтанно-поляризованные домены
	в	невозможностью образовывать спонтанно-поляризованные домены
	г	присутствием в кристалле такого сочетания элементов симметрии, как ось и перпендикулярная ей плоскость симметрии
	д	отсутствием в кристалле такого сочетания элементов симметрии, как ось и перпендикулярная ей плоскость симметрии

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (1 семестр – Экзамен).

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит четыре вопроса. 1 вопрос – 10 баллов, вопрос 2 – 10 баллов, вопрос 3 – 10 баллов, вопрос 4 – 10 баллов.

Перечень вопросов:

Первые вопросы:

1. Основные типы лазеров, их преимущества и недостатки.
2. Принцип работы лазера и оптического квантового усилителя.
3. Стимулированная люминесценция как явление, лежащее в основе работы лазера.
4. Активная среда и рабочие частицы твердотельных лазеров.
5. Виды накачки лазеров.
6. Порог генерации и пороговое условие генерации, инверсная заселенность.
7. Трех- и четырехуровневая схема генерации
8. Виды оптических потерь при генерации лазерного излучения.
9. Дифференциальный и общий КПД генерации.
10. Режим свободных импульсов, непрерывный и квази-непрерывный режимы генерации.
11. Термомеханические и термооптические факторы, ограничивающие максимальную мощность генерации.
12. Расходимость лазерного луча. Дифракционный предел. Факторы, повышающие расходимость лазерного луча.
13. Продольные и поперечные оптические моды в лазерных резонаторах. Способы достижения одномодовой лазерной генерации.
14. Генерация ультра-коротких лазерных импульсов в режиме синхронизации мод и важнейшие методы достижения этого режима.
15. Специальные требования к активной среде лазеров, работающих в режиме синхронизации мод.
16. Дисперсия групповых скоростей и способы ее компенсации.
17. Получение коротких лазерных импульсов высокой средней мощности в режиме модуляции добротности. Суть способа.
18. Активная модуляция добротности. Обтюратор, ячейка Поккельса, акусто-оптический модулятор.
19. Пассивная модуляция добротности. Насыщающиеся поглотители.
20. Плавно перестраиваемая по частоте лазерная генерация. Способы получения и особые требования к активной среде.
21. Спектр усиления активной среды. Диапазон перестройки генерации.

Вторые вопросы:

1. Строение атома. Квантовые числа, электронные оболочки и орбитали, спин.
2. Принцип Паули и правила Хунда.
3. Виды взаимодействий в изолированном атоме. Замкнутая и незамкнутая электронные оболочки.

4. Электронные термы и их обозначения. Диаграмма энергетических уровней РЗ-ионов Дике.
5. Виды взаимодействий незамкнутых электронных оболочек примесного атома (иона) с ближайшим окружением в конденсированной среде.
6. Запрещенная зона и локальные энергетические уровни примесных ионов в конденсированной среде.
7. Виды взаимодействий незамкнутых электронных оболочек примесных атомов (ионов) с ближайшим окружением в конденсированной среде.
8. Оптическое поглощение. Электронные переходы и правила отбора.
9. Вероятности переходов, сечения переходов, коэффициенты ветвления.
10. Электродипольные и магнитодипольные переходы. Метод Джадда-Офельта.
11. Основные виды люминесценции.
12. Время жизни возбужденного состояния. Моноэкспоненциальный и немоноэкспоненциальный распад возбужденного состояния.
13. Безызлучательная многофононная релаксация возбужденного состояния. Квантовый выход люминесценции.
14. Особенности спектральных переходов с переносом заряда и межкаонфигурационных переходов.
15. Безызлучательный перенос энергии возбужденного состояния между активными ионами. Ап-конверсия, кросс-релаксация, сенсбилизация. Концентрационное тушение люминесценции.
16. Термостимулированная люминесценция, ее механизмы и сферы применения.
17. Иттрий как лазерный активатор. Преимущества и недостатки. Штарковское расщепление основного состояния Yb и полуширины спектральных полос как важнейшие параметры активных сред, легированных Yb.
18. Тулий как лазерный ион. Спектральная область генерации ионов тулия и сферы применения лазеров этого диапазона. Важнейшие схемы оптической накачки тулиевых лазеров.
19. Гольмий как дополнительный активатор тулиевых лазеров.
20. Эрбий как активатор для лазеров и усилителей. Спектральные области его генерации (усиления) и значения этих областей.
21. Важнейшие схемы оптической накачки эрбиевых лазеров и усилителей, особенности динамики заселения и разгрузки различных энергетических уровней Er^{3+} . Роль со-активаторов в оптических средах, легированных эрбием.
22. Неодим как лазерный ион. Спектральные переходы Nd^{3+} , используемые для лазерной генерации, диапазоны и области применения этой генерации.
23. Самарий и диспрозий как активаторы для люминофоров.
24. Условия, необходимые для получения лазерной генерации ионов Dy^{3+} в среднем ИК-диапазоне. Реализованные каналы генерации и используемые способы накачки. Применение когерентного излучения среднего ИК-диапазона.
25. Eu^{3+} как активатор люминофоров и спектроскопический зонд.
26. Особенности и области применения спектральных $4f \leftrightarrow 5d$ – переходов в ионах Eu^{2+} и Ce^{3+} .

27. Лазерная генерация ионов Ce^{3+} на $4f \leftrightarrow 5d$ – переходе и проблемы ее получения. Особые требования к матрицам для твердотельных лазеров ультрафиолетового диапазона.
28. Особенности спектрально-люминесцентных свойств ионов переходных 3d-элементов. Превалирующие виды взаимодействий 3d-ионов с матрицей.
29. Теория кристаллического поля. t_{2g} и e_g – орбитали 3d-ионов. Диаграммы Танабе-Сугано. Расщепление энергетических уровней 3d – ионов низкосимметричным кристаллическим полем.
30. Ионы Ti^{3+} как активаторы перестраиваемых и фемтосекундных твердотельных лазеров. Схема уровней, преимущества и недостатки, области применения лазеров на ионах Ti^{3+} .
31. Ионы Cr^{4+} как активаторы перестраиваемых и фемтосекундных твердотельных лазеров. Схема уровней, преимущества и недостатки, области применения лазеров на ионах Cr^{4+} . Проблемы безызлучательной релаксации возбужденного состояния ионов Cr^{4+} .
32. Проблемы стабилизации валентного состояния ионов Ti^{3+} и Cr^{4+} .
33. Ионы Cr^{3+} как активаторы перестраиваемых и фемтосекундных твердотельных лазеров. Преимущества и недостатки. Области применения лазеров на ионах Cr^{3+} .
34. Схема уровней и особенности люминесцентных свойств ионов Cr^{3+} в сильном, среднем и слабом кристаллическом поле.
35. Ионы Cr^{2+} как активаторы перестраиваемых и фемтосекундных твердотельных лазеров. Схема уровней, преимущества и недостатки, области применения лазеров на ионах Cr^{2+} . Особые требования к матрицам для данных ионов-активаторов.
36. Двухвалентный кобальт в различных структурных локализациях как вид рабочих частиц активных и пассивных элементов лазерной техники. Проблемы безызлучательной релаксации возбужденного состояния ионов Co^{2+} .

Третьи вопросы:

1. Особенности распространения света по волокну. История развития волоконной оптики.
2. Преимущества волоконно-оптической связи. Основные сферы применения оптических волокон.
3. Типы и конструкция оптических волокон, числовая апертура, длина волны отсечки. Материалы, из которых изготавливаются оптические волокна.
4. Модовая и хроматическая дисперсии света в волокнах различных типов.
5. Рабочий спектральный диапазон оптоволоконной связи. Чем он обусловлен?
6. Основные причины оптических потерь в волокнах и способы борьбы с ними. Сроки службы и стойкость волокон к различным воздействиям.
7. Важнейшие способы коммутации оптических волокон. Разъемные и неразъемные соединения волокон. Основные виды оптических соединителей и разветвителей, мультиплексоров, оптических переключателей.
8. Оптические потери на соединениях оптических волокон и способы борьбы с ними.
9. Способы усиления оптических сигналов в волокнах. Конструкция, принцип работы, достоинства и недостатки эрбиевых волоконных усилителей.

10. Спектр усиления и основные рабочие диапазоны эрбиевых волоконных усилителей, их особенности, преимущества и недостатки.
11. Коэффициенты усиления эрбиевых волоконных усилителей. Важнейшие источники шумов в таких усилителях.
12. Важнейшие пассивные оптические элементы (брэгговские зеркала, GTW-волокна).

Четвертые вопросы:

1. Сущность и причины возникновения нелинейно-оптических явлений.
2. Когерентные, некогерентные и параметрические явления, квадратичная и кубическая нелинейность.
3. Эффект Поккельса. Физическая сущность и практические применения. Требования к симметрии кристаллов, применяемых в ячейках Поккельса.
4. Эффекты Керра. Керровская самофокусировка (саморасфокусировка), каналирование, схлопывание света. Применения оптического эффекта Керра.
5. Некерровские причины самофокусировки (саморасфокусировки) света в конденсированных средах.
6. Самомодуляция и кросс-модуляция света в конденсированной среде.
7. Генерация высших гармоник, суммарной и разностной частот, Опыт Франкена. Требования к симметрии кристаллов. Применение.
8. Параметрическая генерация света. Требования к симметрии кристаллов. Применение.
9. Условие фазового синхронизма при генерации высших гармоник.
10. Многофотонные процессы. Отличия от каскадных процессов.
11. Условие возникновения и квантово-механическое обоснование многофотонных процессов.
12. Многофотонное оптическое поглощение, люминесценция, фотоионизация, оптический пробой.
13. Оптические фононы. Рамановское рассеяние света. ВКР-лазеры и кристаллы для них.
14. Эффект Фарадея и его объяснение с позиций циркулярной поляризации света. Применение.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для экзамена (1-й семестр).

Экзамен по дисциплине «Основы фотоники» проводится в первом семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для экзамена состоит из четырех вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для экзамена:

«Утверждаю» Зав.кафедрой _____20____ И.Х. Аветисов _____	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии кристаллов
	Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология Профиль «Химическая технология материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники»
	Основы Фотоники
Билет № 1 1. Стимулированная люминесценция как явление, лежащее в основе работы лазера. 2. Тулий как лазерный ион. Спектральная область генерации ионов тулия и сферы применения лазеров этого диапазона. Важнейшие схемы оптической накачки тулиевых лазеров. 3. Оптические потери на соединениях оптических волокон и способы борьбы с ними. 4. Эффект Фарадея и его объяснение с позиций циркулярной поляризации света. Применение.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Материалы микро- и оптоэлектроники: кристаллы и световоды : учебное пособие для вузов / Л. В. Жукова, А. С. Корсаков, Д. С. Врублевский ; под научной редакцией Б. В. Шульгина. — Москва : Издательство Юрайт, 2019 ; Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та. — 279 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-01703-8 (Издательство Юрайт). — ISBN 978-5-7996-1357-0 (Изд-во Урал. ун-та). — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://biblio-online.ru/bcode/438032> (дата обращения: 12.04.2023).
2. Волновая оптика : учебное пособие для вузов / А. В. Михельсон, Т. И. Папушина, А. А. Повзнер, А. Г. Гофман ; под общей редакцией А. А. Повзнера. — Москва : Издательство Юрайт, 2019 ; Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та. — 118 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-08091-9 (Издательство Юрайт). — ISBN 978-5-7996-1070-8 (Изд-во Урал. ун-та). — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://biblio-online.ru/bcode/441510> (дата обращения: 12.04.2023).

Б. Дополнительная литература

1. О. Звелто. Принципы лазеров, 4-ое издание. Пер. с англ. под ред. Т.А. Шмаонова. СПб.: 2008, 720 с.
2. О.А.Василенко Оптические явления в твердом теле: конспект лекций: Учеб. пособие М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2004. – 136 с.
3. С.А. Козлов, В.В. Самарцев. Основы фемтосекундной оптики. ФИЗМАТЛИТ, М., 2009, 292 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Оптика и спектроскопия», ISSN 0030-4034
- Журнал «Квантовая электроника», ISSN 0368-7147
- Журнал «Оптический журнал», ISSN 1023-5086
- Журнал «Optical Materials», ISSN 0925-3467
- Журнал «IEEE Journal of Quantum Electronics», ISSN 0018-9197
- Журнал «Journal of Crystal Growth», ISSN 0022-0248
- Журнал «Crystal Research and Technology», ISSN 0232-1300
- Журнал «Cryst. Eng.Comm.», ISSN 1466-8033
- Журнал «Journal of Non-Crystalline Solids», ISSN 0022-3093
- Журнал «European Journal of Inorganic Chemistry», ISSN 1434-1948
- Журнал «Кристаллография», ISSN 0023-4761
- Журнал «Неорганические материалы», ISSN 0002-337X
- Журнал «Журнал неорганической химии», ISSN 0044-457X
- Журнал «Журнал экспериментальной и теоретической физики», ISSN 0044-4510
- Журнал «Физика твердого тела», ISSN 0367-3294

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 17 (общее число слайдов – 55);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 95);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 83).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Основы фотоники» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория для проведения лекций и практических занятий, оборудованная учебной мебелью.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Не требуется

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Электронные средства демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран), доска со специальными фломастерами и устройством для удаления ненужных надписей на доске, диктофон

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов магистратуры, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Введение в физику лазеров	<i>Знает:</i> – Основные фундаментальные физические явления и закономерности, лежащие в основе функционирования твердотельных и волоконных лазеров – Основные тенденции развития и современные проблемы физики лазеров; <i>Умеет:</i> – Качественно провести обзор имеющихся в современной научной литературе экспериментальных и теоретических данных по различным проблемам физики лазеров; – Выделить в большом объеме научно-технической информации важные с точки зрения области своих научных интересов моменты, не тратя время на изучение информации, второстепенной с этой точки зрения; – грамотно поставить физический эксперимент по исследованию оптических, и лазерных генерационных характеристик новых оптических материалов, в том числе – корректно произвести подготовку образца к тому или иному виду его исследований; – правильно интерпретировать и анализировать результаты отдельных экспериментов такого рода, а также систематизировать и обобщать результаты серий таких экспериментов с учетом имеющихся литературных данных, в том числе - критически осмыслить обнаруженные экспериментальные зависимости и тенденции с точки зрения их статистической значимости с учетом случайных и систематических погрешностей измерений; – подготовить научную публикацию, доклад на научном мероприятии и раздел квалификационной работы по результатам таких экспериментов	Оценка за контрольную работу №1 (1 семестр) Оценка за экзамен (1 семестр)

	<i>Владеет:</i> – основной специальной русско- и англоязычной терминологией, применяемой в таких областях науки, как оптическая спектроскопия, физика лазеров, физическая электроника; – навыками поиска в библиотеках и в электронных ресурсах научно-технической литературы информации квантовой электронике, физике лазеров, по соответствующим разделам общей физики, физической электроники. – навыками общения со своими будущими коллегами – представителями смежных профессий (прежде всего, физиками и техническим персоналом) с использованием хорошо известных им терминов, понятий и категорий.	
Раздел 2. Оптическая спектроскопия материалов фотоники	<i>Знает:</i> – Основные фундаментальные физические явления и закономерности, лежащие в основе функционирования твердотельных и волоконных лазеров и иных важнейших, изделий и приборов квантовой электроники – Основные тенденции развития и современные проблемы оптической спектроскопии; <i>Умеет:</i> – Качественно провести обзор имеющихся в современной научной литературе экспериментальных и теоретических данных по различным проблемам оптической спектроскопии; – Выделить в большом объеме научно-технической информации важные с точки зрения области своих научных интересов моменты, не тратя время на изучение информации, второстепенной с этой точки зрения; – грамотно поставить физический эксперимент по исследованию оптических и спектрально-люминесцентных, характеристик новых оптических материалов, в том числе – корректно произвести	Оценка за контрольную работу №2 (1 семестр) Оценка за экзамен (1 семестр)

	подготовку образца к тому или иному виду его исследований; – правильно интерпретировать и анализировать результаты отдельных экспериментов такого рода, а также систематизировать и обобщать результаты серий таких экспериментов с учетом имеющихся литературных данных, в том числе - критически осмыслить обнаруженные экспериментальные зависимости и тенденции с точки зрения их статистической значимости с учетом случайных и систематических погрешностей измерений; – подготовить научную публикацию, доклад на научном мероприятии и раздел квалификационной работы по результатам таких экспериментов <i>Владеет:</i> – основной специальной русско- и англоязычной терминологией, применяемой в таких областях науки, оптическая спектроскопия, физика лазеров, физическая электроника; – навыками поиска в библиотеках и в электронных ресурсах научно-технической литературы информации по оптической спектроскопии, по физике лазеров, по соответствующим разделам общей физики, кристаллографии, физической электронике. – навыками общения со своими будущими коллегами – представителями смежных профессий (прежде всего, физиками и техническим персоналом) с использованием хорошо известных им терминов, понятий и категорий.	

Раздел 3. Основы волоконной оптики	<i>Знает:</i> – Основные фундаментальные физические явления и закономерности, лежащие в основе функционирования волоконных лазеров и иных важнейших, изделий и приборов волоконной оптики – Основные тенденции развития и современные проблемы волоконной оптики; <i>Умеет:</i> – Качественно провести обзор имеющихся в современной научной литературе экспериментальных и теоретических данных по различным проблемам волоконной оптики – Выделить в большом объеме научно-технической информации важные с точки зрения области своих научных интересов моменты, не тратя время на изучение информации, второстепенной с этой точки зрения; – грамотно поставить физический эксперимент по исследованию различных характеристик новых материалов деталей и узлов волоконной оптики, в том числе – корректно произвести подготовку образца к тому или иному виду его исследований; – правильно интерпретировать и анализировать результаты отдельных экспериментов такого рода, а также систематизировать и обобщать результаты серий таких экспериментов с учетом имеющихся литературных данных, в том числе - критически осмыслить обнаруженные экспериментальные зависимости и тенденции с точки зрения их статистической значимости с учетом случайных и систематических погрешностей измерений; – подготовить научную публикацию, доклад на научном мероприятии и раздел квалификационной работы по результатам таких экспериментов <i>Владеет:</i> – основной специальной русско- и англоязычной терминологией,	Оценка за контрольную работу №3 (1 семестр) Оценка за экзамен (1 семестр)

	применяемой в таких областях науки, как волоконная оптика, физика лазеров, физическая электроника; – навыками поиска в библиотеках и в электронных ресурсах научно-технической литературы информации по волоконной оптике, физике лазеров, по соответствующим разделам общей физики, физической химии твердого состояния, физической электроники. – навыками общения со своими будущими коллегами – представителями смежных профессий (прежде всего, физиками и техническим персоналом) с использованием хорошо известных им терминов, понятий и категорий.	
Раздел 4. Нелинейно-оптические явления в фотонике	<i>Знает:</i> – Основные фундаментальные физические явления и закономерности, лежащие в основе функционирования важнейших, изделий и приборов нелинейной оптики – Основные тенденции развития и современные проблемы нелинейной оптики; <i>Умеет:</i> – Качественно провести обзор имеющихся в современной научной литературе экспериментальных и теоретических данных по различным проблемам нелинейной оптики – Выделить в большом объеме научно-технической информации важные с точки зрения области своих научных интересов моменты, не тратя время на изучение информации, второстепенной с этой точки зрения; – грамотно поставить физический эксперимент по исследованию оптических (в том числе, нелинейно-оптических) характеристик новых оптических материалов, в том числе – корректно произвести подготовку образца к тому или иному виду его исследований; – правильно интерпретировать и анализировать результаты отдельных	Оценка за контрольную работу №3 (1 семестр) Оценка за экзамен (1 семестр)

	экспериментов такого рода, а также систематизировать и обобщать результаты серий таких экспериментов с учетом имеющихся литературных данных, в том числе - критически осмыслить обнаруженные экспериментальные зависимости и тенденции с точки зрения их статистической значимости с учетом случайных и систематических погрешностей измерений; – подготовить научную публикацию, доклад на научном мероприятии и раздел квалификационной работы по результатам таких экспериментов <i>Владеет:</i> – основной специальной русско- и англоязычной терминологией, применяемой в таких областях науки, как физическое материаловедение, нелинейная оптика, физическая электроника; – навыками поиска в библиотеках и в электронных ресурсах научно-технической литературы информации по физическому материаловедению, нелинейной оптике, по соответствующим разделам общей физики, физической электроники. – навыками общения со своими будущими коллегами – представителями смежных профессий (прежде всего, физиками и техническим персоналом) с использованием хорошо известных им терминов, понятий и категорий.	

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);
- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;
- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Основы фотоники»
основной образовательной программы
 18.04.01 Химическая технология
 магистерская программа
 «Технология функциональных материалов электроники и фотоники»
 Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Профессионально-ориентированный перевод»**

Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология

**Магистерская программа – «Технология функциональных материалов
электроники и фотоники»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена:

Зав. кафедрой иностранных языков, к.филол.н, к.э.н., доцентом Кузнецовым И.А.,
Профессором, д.п.н., к.х.н. Кузнецовой Т.И.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры иностранных языков
«30» июня 2025 г., протокол № 10.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 Химическая технология** (ФГОС ВО), накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **Иностранных языков** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Профессионально-ориентированный перевод»** относится к факультативным дисциплинам учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области иностранного языка и навыки, приобретенные в ходе изучения дисциплины «Иностранный язык».

Цель дисциплины – приобретение обучающимися общей, коммуникативной и профессиональной компетенций, уровень которых на отдельных этапах языковой подготовки позволяет выполнять различные виды профессионально ориентированного перевода в производственной и научной деятельности.

Задачи дисциплины:

- подготовка к профессионально-ориентированному переводу научно-технических специальных текстов путем создания у студентов пассивного и активного запаса лексики, в том числе общенаучной и специальной терминологии, необходимой для перевода научно-технических текстов по выбранной специальности;
- отработка грамматических тем, представляющих сложности при переводе в паре языков русский - английский;
- формирование базовых навыков перевода, на основе рекомендованных в программе учебников и учебных пособий по иностранным языкам для химических вузов.

Дисциплина **«Профессионально-ориентированный перевод»** преподается во 2 семестре (очная форма обучения). Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Коммуникации	УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.2 Умеет представлять результаты академической и профессиональной деятельности на различных мероприятиях, включая международные; УК-4.3 Владеет интегративными умениями, необходимыми для написания, письменного перевода и редактирования различных текстов (рефератов, обзоров, статей и т.д.); УК-4.4 Владеет интегративными умениями, необходимыми для эффективного участия в академических и профессиональных дискуссиях.

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства)	ПК-2. Способен к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи	ПК-2.1 Знает алгоритм поиска, оценки и анализа научно-технической информации	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.
			ПК-2.2 Умеет обобщать и систематизировать научно-техническую информацию	
			ПК-2.3 Владеет навыками соотнесения результатов собственной научной работы с отечественным и зарубежным опытом по тематике исследования	

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- основные способы достижения эквивалентности в переводе;
- основные приемы перевода;
- языковую норму и основные функции языка как системы;
- достаточное для выполнения перевода количество лексических единиц, фразеологизмов, в том числе социальных терминов и лингвострановедческих реалий;

Уметь:

- применять основные приемы перевода;
- осуществлять письменный перевод с соблюдением норм лексической эквивалентности, соблюдением грамматических, синтаксических и стилистических норм;
- оформлять текст перевода в компьютерном текстовом редакторе;
- осуществлять перевод с соблюдением норм лексической эквивалентности, соблюдением грамматических, синтаксических и стилистических норм текста перевода и темпоральных характеристик исходного текста;

Владеть:

- методикой предпереводческого анализа текста, способствующей точному восприятию исходного высказывания;
- методикой подготовки к выполнению перевода, включая поиск информации в справочной, специальной литературе и компьютерных сетях;
- основами системы сокращенной переводческой записи при выполнении перевода;
- основной иноязычной терминологией специальности;
- основами реферирования и аннотирования литературы по специальности.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	2	72	54
Контактная работа – аудиторные занятия:	1	36	27
Практические занятия (ПЗ)	1	36,0	27
Самостоятельная работа	1	36,0	27
Контактная самостоятельная работа	1		
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		36	27
Виды контроля:	Зачет		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Очная форма обучения

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек- ции	Прак. зан.	Лаб. рабо- ты	Сам. рабо- та
1.	Раздел 1. Требования к профессионально-ориентированному переводу. Особенности перевода специальных текстов	24	-	12	-	12
1.1	Основные требования к профессионально-ориентированному переводу и понятие информационного поля. Специфика профессионально-ориентированных текстов. Эквивалентность, адекватность, переводимость специальных текстов.	12	-	6	-	6
1.2	Техническая терминология: характеристики. Терминология в области информационных систем в цифровой экономике. Обеспечение терминологической точности и единообразия. Способы накопления и расширения словарного запаса в процессе перевода Сравнение порядка слов в английском и русском предложениях. Изменение структуры предложения при переводе.	12	-	6	-	6
2.	Раздел 2. Лексико-грамматические проблемы перевода специальных текстов	24	-	12	-	12
2.1	Проблема неоднозначности перевода видовременных форм и ее решение. Особенности перевода различных типов предложений. Перевод страдательного залога. Трудные случаи перевода страдательного залога.	6	-	3	-	3
2.2	Условные предложения, правила и особенности их обратного перевода. Практика перевода научно-технической литературы на примере текстов по теме «Информационные системы в цифровой экономике».	6	-	3	-	3
2.3	Перевод предложений с учетом правила согласования времен. Перевод причастия и причастных оборотов. Развитие навыков перевода на примере текстов по теме «Информационные системы в цифровой экономике».	6	-	3	-	3

2.4	Роль инфинитива в предложении и варианты перевода на русский язык. Инфинитивные обороты. Варианты перевода на русский язык.	6	-	3	-	3
3.	Раздел 3. Интернет и ИКТ в профессионально -ориентированном переводе	24	-	12	-	12
3.1	Системы автоматизации перевода (Computer Assisted Translation Tools). Информационный и лингвистический поиск в Интернет.	12	-	6	-	6
3.2	Работа с электронными словарями и глоссариями. Редактирование текста профессионально-ориентированного перевода.	12	-	6	-	6
	ИТОГО	72	-	36	-	36

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Требования к профессионально-ориентированному переводу. Особенности перевода специальных текстов

1.1. Основные требования к профессионально-ориентированному переводу и понятие информационного поля. Специфика профессионально-ориентированных текстов. Эквивалентность, адекватность, переводимость специальных текстов.

1.2. Техническая терминология: характеристики.

Терминология в области технологии высокотемпературных функциональных материалов. Обеспечение терминологической точности и единообразия. Способы накопления и расширения словарного запаса в процессе перевода Сравнение порядка слов в английском и русском предложениях. Изменение структуры предложения при переводе.

Раздел 2. Лексико-грамматические проблемы перевода специальных текстов

2.1. Проблема неоднозначности перевода видовременных форм и ее решение. Особенности перевода различных типов предложений. Перевод страдательного залога. Трудные случаи перевода страдательного залога.

2.2. Условные предложения, правила и особенности их обратного перевода. Практика перевода научно-технической литературы на примере текстов по технологии высокотемпературных функциональных материалов.

2.3. Перевод предложений с учетом правила согласования времен. Перевод причастия и причастных оборотов. Развитие навыков перевода на примере текстов по технологии высокотемпературных функциональных материалов.

2.4. Роль инфинитива в предложении и варианты перевода на русский язык. Инфинитивные обороты. Варианты перевода на русский язык.

Раздел 3. Интернет и ИКТ в профессионально -ориентированном переводе.

3.1. Системы автоматизации перевода. (Computer Assisted Translation Tools). Информационный и лингвистический поиск в Интернет.

3.2. Работа с электронными словарями и глоссариями. Редактирование текста профессионально-ориентированного перевода.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:			
1	– основные способы достижения эквивалентности в переводе;	+	+	+
2	– основные приемы перевода;	+		
3	– языковую норму и основные функции языка как системы;	+	+	
4	– достаточное для выполнения перевода количество лексических единиц, фразеологизмов, в том числе социальных терминов и лингвострановедческих реалий;	+	+	+
	Уметь:			
5	– применять основные приемы перевода;	+	+	+
6	– осуществлять письменный перевод с соблюдением норм лексической эквивалентности, соблюдением грамматических, синтаксических и стилистических норм;	+	+	+
7	– оформлять текст перевода в компьютерном текстовом редакторе;		+	+
8	– осуществлять перевод с соблюдением норм лексической эквивалентности, соблюдением грамматических, синтаксических и стилистических норм текста перевода и темпоральных характеристик исходного текста		+	+
	Владеть:			
9	– методикой предпереводческого анализа текста, способствующей точному восприятию исходного высказывания;		+	+
10	– методикой подготовки к выполнению перевода, включая поиск информации в справочной, специальной литературе и компьютерных сетях;	+	+	+
11	– основами системы сокращенной переводческой записи при выполнении перевода;		+	+
12	– основной иноязычной терминологией специальности,		+	+
13	– основами реферирования и аннотирования литературы по специальности.			+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>универсальные компетенции и индикаторы их достижения</u> :				
	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК		
14	– УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для	– УК-4.2 Умеет представлять результаты академической и профессиональной деятельности на различных мероприятиях, включая международные;	+	+

	академического и профессионального взаимодействия	– УК-4.3 Владеет интегративными умениями, необходимыми для написания, письменного перевода и редактирования различных текстов (рефератов, обзоров, статей и т.д.);	+	+	+
		– УК-4.4 Владеет интегративными умениями, необходимыми для эффективного участия в академических и профессиональных дискуссиях.	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</u>					
15	– ПК-2. Способен к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи	– ПК-2.1 Знает алгоритм поиска, оценки и анализа научно-технической информации;	+	+	+
		– ПК-2.2 Умеет обобщать и систематизировать научно-техническую информацию;	+	+	+
		– ПК-2.3 Владеет навыками соотнесения результатов собственной научной работы с отечественным и зарубежным опытом по тематике исследования.	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

Очная форма обучения

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1.	Раздел 1	Практическое занятие 1. Основные требования к профессионально-ориентированному переводу и понятие информационного поля. Специфика профессионально-ориентированных текстов. Эквивалентность. адекватность, переводимость специальных текстов.	6
2.	Раздел 1	Практическое занятие 2. Техническая терминология: характеристики. Терминология в области технологии высокотемпературных функциональных материалов Обеспечение терминологической точности и единообразия. Способы накопления и расширения словарного запаса в процессе перевода Сравнение порядка слов в английском и русском предложениях. Изменение структуры предложения при переводе.	6
3.	Раздел 2	Практическое занятие 3. Проблема неоднозначности перевода видовременных форм и ее решение. Особенности перевода различных типов предложений. Перевод страдательного залога. Трудные случаи перевода страдательного залога.	3
4.	Раздел 2	Практическое занятие 4. Условные предложения, правила и особенности их обратного перевода. Практика перевода научно-технической литературы на примере текстов по технологии высокотемпературных функциональных материалов.	3
5.	Раздел 2	Практическое занятие 5. Перевод предложений с учетом правила согласования времен. Перевод причастия и причастных оборотов. Развитие навыков перевода на примере текстов по технологии высокотемпературных функциональных материалов.	3
6.	Раздел 2	Практическое занятие 6. Роль инфинитива в предложении и варианты перевода на русский язык. Инфинитивные обороты. Варианты перевода на русский язык.	3
7.	Раздел 3	Практическое занятие 7. Системы автоматизации перевода (Computer Assisted Translation Tools). Информационный и лингвистический поиск в Интернет.	6
8.	Раздел 3	Практическое занятие 8. Работа с электронными словарями и глоссариями. Редактирование текста профессионально-ориентированного перевода.	4

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче **зачета** (2 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов), оценки за реферат (максимальная оценка 10 баллов) и оценки за практическую работу (максимальная оценка 30 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

1. Основы природопользования
2. Экологический мониторинг
3. Техногенные системы и экологический риск
4. Основы промышленной экологии
5. Основные проблемы химии устойчивого развития

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольную работу 1 составляет: 20 баллов; за контрольную работу 2 – 20 баллов; за контрольную работу 3 – 20 баллов (1 семестр).

Раздел 1. Контрольная работа № 1.

Примеры заданий к контрольной работе № 1.

Контрольная работа содержит 3 задания:

1 задание: перевод текста с листа – 10 баллов,

2 задание: контроль лексики (50 лексических единиц) – 5 баллов,

3 задание: письменный перевод предложений на видовременные формы английского глагола – 5 баллов,
оценка за домашнюю работу и работу в аудитории – 10 баллов.

1. Прочитайте текст с последующим переводом с листа, обращая внимание на употребление видовременных форм глагола в действительном залоге.

Water purification

Water purification is the removal of contaminants from raw water to produce drinking water that is pure enough for human consumption or for industrial use. Substances that are removed during the process include parasites, bacteria, algae, viruses, fungi, minerals (including toxic metals such as Lead, Copper etc.), and man-made chemical pollutants. Many contaminants can be dangerous—but depending on the quality standards, others are removed to improve the water's smell, taste, and appearance. A small amount of disinfectant is usually intentionally left in the water at the end of the treatment process to reduce the risk of re-contamination in the distribution system. Many environmental and cost considerations affect the location and design of water purification plants. There are a number of methods commonly used to purify water. Their effectiveness is linked to the type of contaminant being treated and the type of application the water will be used for.

Filtration: This process can take the form of any of the following:

- Coarse filtration: Also called particle filtration, it can utilize anything from a 1 mm sand filter, to a filter.
- Micro filtration: Uses 1 to 0.1 micron devices to filter out bacteria. A typical implementation of this technique can be found in the brewing process.
- Ultra filtration: Removes pyroxenes, DNA and RNA fragments.
- Reverse osmosis: Often referred to as RO, reverse osmosis is the most refined degree of liquid filtration. Instead of a filter, it uses a porous material acting as a unidirectional sieve that can separate molecular-sized particles.

Distillation: Oldest method of purification. Inexpensive but cannot be used for an on-demand process. Water must be distilled and then stored for later use, making it again prone to contamination if not stored properly. Activated carbon adsorption: Operates like a magnet on chlorine and organic compounds. Ultraviolet radiation: At a certain wavelength, this might cause bacteria to be sterilized and other micro organics to be broken down. Deionization: Also known as ion exchange, it is used for producing purified water on-demand, by passing water through resin beds. Negatively charged (cationic) resin removes positive ions, while positively charged one (anionic) removes negative ions. Continuous monitoring and maintenance of the cartridges can produce the purest water.

2. Контроль лексики – 50 лексических единиц.

3. Перевод предложений на пройденный лексико-грамматический материал

The students were writing down all the data during the experiment.

The researchers will complete the experimental part of their investigation in a week.

They had already completed the experiment when he came.

This technician will have installed the new equipment in our lab by the beginning of the new year.

The production of zinc occurred much later than that of the other common metals.

A number of scientists have confirmed this suggestion.

That matter may exist in three physical states (solid, liquid and gas) is common knowledge.

According to the wave theory, light consists of rapid vibrations.

In the course of his investigations of the solar spectrum, Kirchhoff obtained a number of fundamental results.

In 1911, Ernest Rutherford put forward a model of the atom according to which the atom consists of a small, heavy, charged central nucleus surrounded by a charge distribution of the opposite sign.

Раздел 2. Контрольная работа № 2.

Примеры заданий к контрольной работе № 2.

Контрольная работа содержит 5 заданий:

1 задание: Устный перевод текста – 10 баллов,

2 задание: письменный перевод 10 предложений (без словаря) – 5 баллов,

3 задание: Контроль лексики (50 лексических единиц) – 5 баллов,

оценка за домашнюю работу и работу в аудитории – 10 баллов.

1. Прочитайте текст с последующим переводом с листа, обращая внимание на употребление видовременных форм глагола в страдательном залоге и на инфинитивные конструкции.

Solid wastes are generally composed of non-biodegradable and non-compostable biodegradable materials. The latter refer to solid wastes whose biodeterioration is not complete; in the sense that the enzymes of microbial communities that feed on its residues cannot cause its disappearance or conversion into another compound. Parts of liquid waste materials are also considered as solid wastes, where the dredging of liquid wastes will leave solid sedimentation, to which proper waste management techniques should also be applied. Solid waste pollution is when the environment is filled with non-biodegradable and non-compostable biodegradable wastes that are capable of emitting greenhouse gases, toxic fumes, and particulate matters as they accumulate in open landfills. These wastes are also capable of leaching organic or chemical compositions to contaminate the ground where such wastes lay in accumulation. Solid wastes carelessly thrown in streets, highways, and alleyways can cause pollution when they are carried off by rainwater run-offs or by flood water to the main streams, as these contaminating residues will reach larger bodies of water.

2. Письменно переведите предложения (без словаря):

The engine to be installed in this car is very powerful.

Most scientists expect major development in the nearest future to take place in biology.

One will naturally think such course of events to be disastrous not only for science but for future of mankind.

He is not only critical of the work of others, but also of his own, since he knows the man to be the least reliable of scientific instruments.

The theory suggested by Dr. McCarty is reported to fit the experimental data.

For any natural physical state to change, some changes of the condition acting upon this state must occur.

We know acids and bases to be extremely useful substance.

In this experiment scientists seemed to have included some new compounds.

To understand the nature of this phenomenon was very difficult.

The purpose of this experiment is to find a solvent for this mixture.

3. Контроль лексики – 50 лексических единиц

Контрольная работа №3. Примеры заданий к контрольной работе №3.

Контрольная работа №3 содержит 3 задания:

1 задание: перевод статьи и составление к ней аннотации – 10 баллов,

2 задание: письменный перевод предложений, содержащих пройденные грамматические конструкции – 5 баллов,

3 задание: контроль лексики (50 лексических единиц) – 5 баллов,

оценка за домашнюю работу и работу в аудитории – 10 баллов.

1. Переведите статью и составьте к ней аннотацию:

What Are the Causes of Solid Waste Pollution?

Causes of solid waste pollution are pollutants from households, industrial units, manufacturing units, commercial establishments, landfills, hospitals and medical clinics. The

pollutants from these places may be in the form of non-biodegradable matter or non-compostable degradable matter.

Trash collected from households often takes the form of plastic bags and organic waste. Solid feces flowing out of homes and into sewers pollute underground water. Commercial establishments also pile up a lot of such waste matter. Industrial units involved in manufacturing produce toxic solid waste, such as slag, from the industrial process of obtaining metals from their ores.

Hospitals and clinics also produce waste in the form of disposable syringes, used test tubes, plastic bags used for collecting blood, cotton swabs and used bandages. Such solid waste needs careful handling and disposal. The soil becomes polluted with dangerous medical waste when such matter is disposed of directly into landfills.

Solid waste is usually dumped in landfills. Landfills are large pits in the ground that act as garbage disposal places. The biodegradable matter in landfills becomes a part of the soil gradually. The toxic non-biodegradable and non-compostable matter poses a health hazard as it does not decompose but mixes with the soil and the underground water.

Industrial incinerators are used to burn trash on a large scale. They cause pollution by emitting greenhouse gases while burning solid waste.

Recycling reduces pollution by cutting down on the amount of waste that sits in landfills and clutter that dirties streets, parks, roadsides, rivers and lakes. Solid waste material that ends up in landfills causes air pollution in the form of methane gas emissions. Recycling more waste reduces the amount of methane that escapes into the air. Recycling also reducing the production of virgin resources which process contributes to pollution.

When products such as glass, paper, plastic, wood and metals are thrown away and left to rot in a landfill, their presence leads to increased pollution. Likewise, trash that is thrown on the ground by pedestrians and motorists increases pollution. That debris scatters about and becomes an eyesore and environmental hazard.

Reclaiming city streets, parks, highways and waterways from the pollution created by trash and debris is a major priority for most cities across the United States. Pollution must constantly be monitored so that it does not get out of control and become overly destructive to the environment. When people are careless with trash, their behavior can ruin land and important waterways.

In a world that is increasingly crowded, recycling is crucial in order to prevent the further sprawl of toxic landfills that threaten the delicate balance of the ecosystem. Support the planet by separating recyclable materials into bins or taking materials to recycling centers.

2. Письменно переведите предложения (без словаря)

1. The phlogiston theory is a theory that postulated that a fire-like element called phlogiston is contained within combustible bodies and released during combustion.

2. The theory attempted to explain burning processes such as combustion and rusting, which are now collectively known as oxidation.

3. The theory of phlogiston was suggested by the German Georg Ernst Stahl in the early 18th century

4. Phlogiston remained the dominant theory until the 1780s when Lavoisier showed that combustion requires a gas that has mass (oxygen) and could be measured by means of weighing closed vessels

5. The development of the electrochemical theory of chemical combinations occurred in the early 19th century as the result of the work of two scientists in particular.

6. Davy discovered nine new elements including the alkali metals by extracting them from their oxides with electric current.

7. The current model of atomic structure is the quantum mechanical model.

8. Traditional chemistry starts with the study of elementary particles, atoms, molecules, substances, metals, crystals and etc.

9. This matter can be studied in solid, liquid, or gas states, in isolation or in combination.

10. The interactions, reactions and transformations that are studied in chemistry are usually the result of interactions between atoms, leading to rearrangements of the chemical bonds which hold atoms together.

3. Контроль лексики – 50 лексических единиц

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (2 семестр – зачет).

Итоговый контроль по дисциплине не предусмотрен.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета (2 семестр).

Итоговый контроль по дисциплине не предусмотрен.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Английский язык для химиков – технологов: учебно-методический комплекс в 2 ч.: учеб. пособие/. Кузнецова Т. И. Воловикова Е. В. Кузнецов И. А.; под ред. Т. И. Кузнецовой – М.: М. РХТУ, 2021 г. - 412 с.

2. Кузнецов, И. А., Кузнецова, Т. И., Дистанционный образовательный электронный курс «Английский язык для профессиональной коммуникации» размещённый в ЭСУО Moodle [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. А. Кузнецов, Т. И. Кузнецова — Электрон. дан. — Москва: РХТУ, 2018.

3. Кузьменкова, Ю. Б. Английский язык для технических направлений (А1): учебное пособие для вузов / Ю. Б. Кузьменкова. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 207 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11608-3. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/495261> (дата обращения: 08.02.2024).

4. Беляева, И. В. Иностранный язык в сфере профессиональной коммуникации: комплексные учебные задания [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. В. Беляева, Е. Ю. Нестеренко, Т.И. Сорогина. — Электрон. дан. — Москва: ФЛИНТА, 2017. — 132 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/92749>.

5. Английский язык для естественно-научных направлений: учебник и практикум для вузов / Л. В. Полубиченко, Е. Э. Кожарская, Н. Л. Моргун, Л. Н. Шевырдяева; под редакцией Л. В. Полубиченко. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 311 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15168-8. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/489569> (дата обращения: 08.02.2024).

Б. Дополнительная литература

1. Англо-русский словарь химико-технологических терминов / Е. С. Бушмелева, Л. К. Генг, А. А. Карпова, Т. П. Рассказова. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 132 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08001-8. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/493385> (дата обращения: 08.02.2024).

2. Стогниева, О. Н. Английский язык для ИТ-направлений. English for Information Technology: учебное пособие для вузов / О. Н. Стогниева. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 143 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07849-7. — Текст:

электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492791> (дата обращения: 08.02.2024).

3. Краснова, Т. И. Английский язык для специалистов в области интернет-технологий. English for Internet Technologies: учебное пособие для вузов / Т. И. Краснова, В. Н. Вичугов. — 2-е изд. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 205 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8573-3. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/490272> (дата обращения: 08.02.2024).

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

— Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.

— Презентации к лекциям.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

— <http://www.openet.ru> — Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ;

— <http://window.edu.ru/> — Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»;

— <http://fepo.i-exam.ru> — ФЭПО: соответствие требованиям ФГОС;

— <https://muctr.ru> — Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, D.Mendeleev University of Chemical Technology of Russia. Учебные планы и программы;

— <http://www.translators-union.ru> — портал Союз переводчиков России (СПР);

— <http://www.russian-translators.ru> — Национальная лига переводчиков;

— <http://www.internationalwriters.com> — The Translator's Tool Box.

Бесплатные официальные открытые ресурсы Интернет:

— <http://doaj.org/> — Directory of Open Access Journals (DOAJ); ресурс объединяет более 10000 научных журналов по различным отраслям знаний (около 2 миллионов статей) из 134 стран мира;

— <https://www.doabooks.org/> — Directory of Open Access Books (DOAB); в базе размещено более 3000 книг по различным отраслям знаний, предоставленных 122 научными издательствами;

— <https://www.biomedcentral.com/> — BioMed Central; база данных включает более 300 рецензируемых журналов по биомедицине, медицине и естественным наукам. Все статьи, размещенные в базе, находятся в свободном доступе;

— <https://arxiv.org/> — электронный ресурс arXiv; крупнейшим бесплатный архив электронных научных публикаций по разделам физики, математики, информатики, механики, астрономии и биологии. Имеется подробный тематический каталог и возможность поиска статей по множеству критериев;

— <http://www.mdpi.com/> — коллекция журналов MDPI AG; междисциплинарный цифровой издательский ресурс, является платформой для рецензируемых научных журналов открытого доступа, издающихся MDPI AG (Базель, Швейцария). Издательство выпускает более 120 разнообразных электронных журналов, находящихся в открытом доступе;

— <http://www.intechopen.com/> — издательство с открытым доступом InTech; первое и крупнейшее в мире издательство, публикующее книги в открытом доступе, около 2500 научных изданий. Основная тематическая направленность - физические и технические науки, технологии, медицинские науки, науки о жизни;

— <http://www.chemspider.com/> — база данных химических соединений ChemSpider; ChemSpider — это бесплатная химическая база данных, предоставляющая быстрый доступ к более чем 28 миллионам структур, свойств и соответственной информации. Ресурс принадлежит Королевскому химическому обществу Великобритании (Royal Society of Chemistry);

- <http://journals.plos.org/plosone/> – Коллекция журналов PLOS ONE; PLOS ONE – коллекция журналов, в которых публикуются отчеты о новых исследованиях в области естественных наук и медицины. Все журналы размещены в свободном доступе (Open Access), все статьи проходят строгое научное рецензирование;
 - <http://www.uspto.gov/> – US Patent and Trademark Office (USPTO); Ведомство по патентам и товарным знакам США — USPTO — предоставляет свободный доступ к американским патентам, опубликованным с 1976 г. по настоящее время;
 - <http://worldwide.espacenet.com/> – Espacenet - European Patent Office (EPO); Патенты (либо патентные заявки) более 50 национальных и нескольких международных патентных бюро, в том числе полные тексты патентов США, России, Франции, Японии и др.
 - http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru – Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС).
- Информационные ресурсы ФИПС свободного доступа:
- Электронные бюллетени. Изобретения. Полезные модели.
 - Открытые реестры российских изобретений и заявок на изобретения.
 - Рефераты российских патентных документов за 1994–2016 гг.
 - Полные тексты российских патентных документов из последнего официального бюллетеня.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных практических занятий;
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов -300);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов 300).
- онлайн-курсы на портале study.muctr.ru "Английский язык для профессиональной коммуникации" (<https://study.muctr.ru/course/view.php?id=220>), межфакультетский образовательный онлайн курс «Теория и практика перевода» (<https://study.muctr.ru/course/view.php?id=217>), аудиозаписи текстов, предусмотренных в программе для чтения и перевода в процессе обучения.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым

дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Иностранный язык*» проводятся в форме практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет. Компьютерный класс, оргтехника, теле-, аудио - и видеоаппаратура; мультимедийный проектор, широкоформатный экран.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Комплекты плакатов к разделам занятий.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

- информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам занятий;
- электронные презентации к разделам занятий; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде;
- кафедральная библиотека электронных изданий и диссертационных работ, выполненных аспирантами и сотрудниками кафедры.

Электронные информационные ресурсы, доступные пользователям
РХТУ им. Д.И. Менделеева
в 2025 году (2 квартал)

Фонд ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 экз.

№	Электронный ресурс	Реквизиты договора (номер, дата заключения, срок действия), ссылка на сайт ЭБС, сумма договора, количество ключей	Характеристика библиотечного фонда, доступ к которому предоставляется договором

1.	Электронно - библиотечная система ИБЦ РХТУ им. Д.И. Менделеева (на базе АИБС «Ирбис»)	Принадлежность – собственная РХТУ. Ссылка на сайт ЭБС – http://lib.muctr.ru/ Доступ для пользователей РХТУ с любого компьютера	Электронные версии учебных и научных изданий авторов РХТУ по всем ООП.
2.	CAS SciFinder Discovery Platform	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 05.05.2025 г. № 327 С 01.01.2025.г. до 30.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://scifinder-n.cas.org Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен.	CAS SciFinder Discovery Platform - платформа, созданная Chemical Abstracts Service подразделением Американского химического общества. CAS SciFinder - онлайн-сервис, обеспечивающий поиск и анализ информации в области химии, биохимии, фармацевтики, генетики, химической инженерии, материаловедения, нанотехнологий, физики, геологии, металлургии и других смежных дисциплин.
3.	Wiley Journals Database	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 05.05.2025 г. № 326, 329 С 01.01.2025.г. до 30.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://onlinelibrary.wiley.com Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа: https://www.wiley.com/en-us/customer-success/brightcove-research-training/how-to-access-wiley-online-library-content-remotely	John Wiley & Sons, Inc. – крупнейшее академическое издательство с мультидисциплинарным контентом. В портфолио издательства более 1600 научных рецензируемых журналов, 22 000 книг и монографий, а также 250 справочников и энциклопедий. Wiley Journal Database и Wiley Journal Backfiles – полнотекстовые коллекции, которые включают в себя как текущие, так и архивные выпуски из более чем 1700 журналов издательства, охватывающие такие области как гуманитарные, естественные, общественные и технические науки, а также сельское хозяйство, медицину и здравоохранение. Глубина доступа: 1997 - 2004 гг. (до 30.06.2025 г.); 2025 г. (бессрочно)

4.	Questel. База данных Orbit Premium edition	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 25.04.2025 г. № 310 С 01.01.2025.г. до 30.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://www.orbit.com Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Удаленный доступ к ресурсу только через SAML (Security Assertion Markup Language) аутентификацию.	Orbit Premium edition (Orbit Intelligence Premium) – база данных патентного поиска, объединяющая информацию о более чем 122 миллионах патентных публикаций, полученную из 120 международных патентных ведомств, включая РосПатент, Всемирную организацию интеллектуальной собственности (ВОИС), Европейскую патентную организацию. База включает не только зарегистрированные патенты, но и документы от стадии заявки до регистрации. Большинство документов содержат аннотации на английском языке, полные тексты документов приводятся на языке оригинала.
5.	Электронные ресурсы издательства SAGE Publications eBook Collections	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 30.10.2022 г. № 1403 С 01.11.2022.г. – бессрочно Ссылка на сайт – https://sk.sagepub.com/books/discipline Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен.	eBook Collections - полнотекстовая коллекция электронных книг (монографий) издательства SAGE Publications по различным областям знаний. Глубина доступа: 1984 - 2021 гг.

6.	World Scientific Publishing Co Pte Ltd. База данных World Scientific Complete eJournal Collection	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 15.06.2023 г. № 883 С 01.11.2022.г. до 01.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://www.worldscientific.com Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен	World Scientific Complete eJournal Collection – мультидисциплинарная полнотекстовая коллекция журналов международного научного издательства World Scientific Publishing, которая охватывает такие тематики, как математика, физика, компьютерные науки, инженерное дело, науки о жизни, медицина и социальные науки. Особое внимание в коллекции уделено исследованиям Азиатско-тихоокеанского региона, которые объединены в группу журналов Asian Studies. Глубина доступа: 2001-2025
7.	Электронные ресурсы Springer Nature	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 29.12.2022 г. № 1948 Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	Springer Journals – полнотекстовая политематическая коллекция журналов издательства Springer по различным отраслям знаний, которая включает более 2 900 наименований журналов по дисциплинам: Глубина доступа: 1997 - 2024 гг.
		Бессрочно Ссылка на сайт- https://www.nature.com	Nature Journals – полнотекстовая коллекция журналов издательства Nature Publishing Group, входящего в группу компаний Springer Nature, включающая журналы издательств Nature, Academic journals, Scientific American и Palgrave Macmillan. Глубина доступа: 2007 - 2024 гг.
		Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	Adis Journals – полнотекстовая коллекция журналов и информационных бюллетеней издательства Adis, размещенная на платформе Springer Nature. Коллекция включает 19 рецензируемых журналов по медицине, биомедицине и фармакологии. Глубина доступа: 2020 - 2024 гг.

		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства.	
8.	Электронные ресурсы Springer Nature Physical Sciences & Engineering Package	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 20.03.2024 г. № 254 Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	1. Springer Journals – база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2024 г.), а именно тематические коллекции Physical Sciences & Engineering Package на платформе https://link.springer.com/
		Бессрочно Ссылка на сайт- https://www.nature.com	2. Nature Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы Nature Publishing Group, а именно Nature journals (год издания - 2024 г.) тематической коллекции Physical Sciences & Engineering Package на платформе: https://www.nature.co
		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства.	
9.	Электронные ресурсы Springer Nature Social Sciences Package	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 20.03.2024 г. № 254 Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	1. Springer Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2024 г.), а именно тематическую коллекцию Social Sciences Package на платформе: https://link.springer.com/
		Бессрочно Ссылка на сайт- https://www.nature.com	2. Nature Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2034 г.), а именно тематическую коллекцию Social Sciences Package на платформе: https://link.springer.com/
		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства.	

10.	База данных 2021, 2023 eBook Collections Springer Nature	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 02.08.2022 г. № 1045 Информационное письмо РФФИ от 29.12.2022 г. № 1947 Бессрочно Ссылка на сайт http://link.springer.com/ О настройках удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства. Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен.	Springer eBook Collections – полнотекстовая архивная коллекция электронных книг издательства Springer Nature на английском языке по различным отраслям знаний. Глубина доступа: 2005 - 2010 гг.; 2018 - 2024 гг.
11.	Электронные ресурсы AIPP Digital Archive издательства American Institute of Physics Publishing	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 29.12.2022 г. № 1945 Бессрочно Ссылка на сайт- https://scitation.org Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен	AIPP Journal Collection – база данных, содержащая архивную полнотекстовую коллекцию из 29 журналов и сборников конференций издательства American Institute of Physics Publishing. в области прикладной физики и смежных областях знания. Глубина доступа: 1929-1998 гг.
12.	Электронные ресурсы AIPP E- Book Collection I + Collection II издательства American Institute of Physics Publishing	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 31.10.2022 г. № 1404 С 01.11.2022 г. – бессрочно Ссылка на сайт- https://scitation.org/ebooks Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен	AIPP Ebook Collection I + AIPP Ebook Collection II – полнотекстовые коллекции книг издательства American Institute of Physics Publishing в области прикладной и химической физики, биологии, энергетики, оптики, фотоники, материаловедения и нанотехнологий и др. Глубина доступа: 2020 - 2022 гг.

13.	Bentham Science Publishers База данных Journals	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 24.08.2022 г. № 1136 Бессрочно Ссылка на сайт – https://eurekaselect.com/bypublication С инструкцией по настройке удаленного доступа можно ознакомиться по ссылке Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен.	Bentham journal collection – полнотекстовая коллекция журналов издательства Bentham Science, которое публикует научные, технические и медицинские издания, охватывающие различные области от химии и химической технологии, инженерии, фармацевтических исследований и разработок, медицины до социальных наук. Глубина доступа: 2000 - 2021 гг. (до 01.06.2025 г.); 2022 - 2025 гг.
14.	Bentham Science Publishers База данных eBooks	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 08.09.2022 г. № 1217 Бессрочно Ссылка на сайт – https://eurekaselect.com/bybook Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен.	Books – полнотекстовая коллекция электронных книг издательства Bentham Science Publishers, в которую включены издания по следующим областям науки: химия, физика, материаловедение, астрономия, оптика, фотоника, энергетика, инженерия, математика, статистика, информатика и вычислительная техника, медицина, фармакология, окружающая среда, бизнес, экономика, финансы и др. Глубина доступа: 2004 - 2022 гг.

15.	EBSCO eBook	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 28.04.2023 г. № 708 Бессрочно Ссылка на сайт – https://web.p.ebscohost.com/ehost/search/basic?vid=0&sid=d6f3a513-2512-4b52-bd8c-4ff40c184aed%40redis Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Удаленный доступ по индивидуальной регистрации.	EBSCO eBooks – полнотекстовая междисциплинарная коллекция, которая включает более 5000 электронных книг от ведущих научных и университетских издательств и охватывает широкий спектр тем: бизнес, всемирная история, инженерия, литературоведение, медицина, образование, политология, религия, социальные науки, технологии, философия, экономика, языковедение и др. Глубина доступа: 2011 - 2023 гг.
16.	Научные журналы РАН	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 29.10.2024 г. № 1080 Бессрочно Ссылка на сайт – https://journals.rcsi.science/ Доступ осуществляется на основе IP-адресов университета и персональной регистрации	Полнотекстовая коллекция журналов Российской академии наук включает 141 наименование журналов, охватывающих различные научные специальности. Глубина доступа: 2023-2025 Бессрочно

Бесплатные архивные коллекции, приобретенные Минобрнауки для вузов.

[Архив Издательства American Association for the Advancement of Science. Пакет «Science Classic» 1880-1996](#)

[Архив Издательства Annual Reviews. Пакет «Full Collection» 1932-2005](#)

[Архив издательства Института физики \(Великобритания\). Пакет «Historical Archive 1874-1999» с первого выпуска каждого журнала по 1999, 1874-1999](#)

[Архив издательства Nature Publishing Group. Пакет «Nature» с первого выпуска первого номера по 2010, 1869-2010](#)

[Архив издательства Oxford University Press. Пакет «Archive Complete» с первого выпуска каждого журнала по 1995, 1849-1995](#)

[Архив издательства Sage. Пакет «2010 SAGE Deep Backfile Package» с первого выпуска каждого журнала по 1998, 1890-1998](#)

[Архив издательства Taylor & Francis. Full Online Journal Archives. с первого выпуска каждого журнала по 1996, 1798-1997](#)

[Архив издательства Cambridge University Press. Пакет «Cambridge Journals Digital Archive \(CJDA\)» с первого выпуска каждого журнала по 2011, 1827-2011](#)

Бесплатные официальные открытые ресурсы Интернет:

1. Directory of Open Access Journals (DOAJ) <http://doaj.org/>
Ресурс объединяет более 10000 научных журналов по различным отраслям знаний (около 2 миллионов статей) из 134 стран мира.
2. Directory of Open Access Books (DOAB) <https://www.doabooks.org/>
В базе размещено более 3000 книг по различным отраслям знаний, предоставленных 122 научными издательствами.
3. BioMed Central <https://www.biomedcentral.com/> База данных включает более 300 рецензируемых журналов по биомедицине, медицине и естественным наукам. Все статьи, размещенные в базе, находятся в свободном доступе.
3. Электронный ресурс arXiv <https://arxiv.org/>
Крупнейшим бесплатный архив электронных научных публикаций по разделам физики, математики, информатики, механики, астрономии и биологии. критериев.
4. Коллекция журналов MDPI AG <http://www.mdpi.com/>
Многодисциплинарный цифровой издательский ресурс выпускает более 120 разнообразных электронных журналов, находящихся в открытом доступе.
5. Издательство с открытым доступом InTech <http://www.intechopen.com/>
Первое и крупнейшее в мире издательство, публикующее книги в открытом доступе, около 2500 научных изданий. Основная тематическая направленность - физические и технические науки, технологии, медицинские науки, науки о жизни.
6. База данных химических соединений ChemSpider <http://www.chemspider.com/>
ChemSpider – это бесплатная химическая база данных, предоставляющая быстрый доступ к более чем 28 миллионам структур, свойств и соответственной информации. Ресурс принадлежит Королевскому химическому обществу Великобритании (Royal Society of Chemistry).
7. Коллекция журналов PLOS ONE <http://journals.plos.org/plosone/>
PLOS ONE – коллекция журналов, в которых публикуются отчеты о новых исследованиях в области естественных наук и медицины. рецензирование.
8. US Patent and Trademark Office (USPTO) <http://www.uspto.gov/>
Ведомство по патентам и товарным знакам США — USPTO — предоставляет свободный доступ к американским патентам, опубликованным с 1976 г. По настоящее время.
9. Espacenet - European Patent Office (EPO) <http://worldwide.espacenet.com/>
Патенты (либо патентные заявки) более 50 национальных и нескольких международных патентных бюро, в том числе полные тексты патентов США, России, Франции, Японии и др.
10. Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС)
http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru
Информационные ресурсы ФИПС свободного доступа:
 - Электронные бюллетени. Изобретения. Полезные модели.
 - Открытые реестры российских изобретений и заявок на изобретения.
 - Рефераты российских патентных документов за 1994–2016 гг.
 - Полные тексты российских патентных документов из последнего официального бюллетеня
11. The Association for Computing Machinery (ACM) – международное некоммерческое профессиональное сообщество, основанное в 1947 году, объединяющее преподавателей, исследователей и специалистов в области вычислительной техники, информационных и компьютерных технологий. Ссылка на ресурс: <https://dl.acm.org> Ссылка на раздел Open access: <https://www.acm.org/publications/openaccess>

12. Annual Reviews – некоммерческая академическая издательская компания, выпускающая журналы с 1932 года.

В портфолио издательства 51 журнал, тематика которых охватывает области естественных и социальных наук, наук о жизни, биомедицину, экономику и др.

Ссылка на ресурс: <https://www.annualreviews.org/>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.annualreviews.org/S2O>

13. Cambridge University Press – старейшее в мире университетское издательство, публикующее исследовательские работы, справочные и учебные материалы по широкому кругу дисциплин. Контент издательства представлен на онлайн-платформе Cambridge Core, на которой доступно 117 журналов и 372 книги открытого доступа, 317 журналов гибридного доступа.

Ссылка на ресурс: <https://www.cambridge.org/universitypress>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.cambridge.org/core/publications/open-access>

14. The Royal Society of Chemistry включает 12 журналов «золотого» открытого доступа, кроме того, все журналы общества являются гибридными и в них могут публиковаться материалы открытого доступа.

Журналы общества охватывают основные химические науки, включая смежные области, такие как биология, биофизика, энергетика и окружающая среда, машиностроение, материаловедение, медицина и физика.

Ссылка на ресурс: <https://pubs.rsc.org/en/journals?key=title&value=current>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.rsc.org/journals-books-databases/open-access/>

15. Taylor & Francis на сегодняшний день издательство выпускает около 180 журналов с полностью открытым доступом.

Ссылка на ресурс: <https://www.tandfonline.com/>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.tandfonline.com/openaccess/openjournals>

16. Издательство John Wiley & Sons, Inc. включает около 230 журналов «золотого» открытого доступа и более 1300 гибридных журналов.

Ссылка на ресурс:

<https://onlinelibrary.wiley.com/action/doSearch?AllField=&ConceptID=15941&startPage=>

Ссылка на раздел Open access: <https://authorservices.wiley.com/open-research/open-access/browse-journals.htm>

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	ABBYY FineReader 10 Professional Edition	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	20 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
2.	CorelDRAW Graphics Suite X5 Education License	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	5 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
3.	Управление проектами Project expert tutorial	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
4.	Неисключительная лицензия на использование SOLIDWORKS EDU Edition 2019-2020 Network - 200 Users	Контракт №28- 35ЭА/2020 от 26.05.2020	Сетевая лицензия на 200 пользователей	бессрочная
5.	SolidWorks EDU Edition 2020-2021 Network - 200 U бессрочная sers	Контракт № 90- 133ЭА/2021 от 07.09.2021	Сетевая лицензия на 200 пользователей	бессрочная
6.	Неисключительная лицензия на право использования Учебного комплекта Компас-3D v21 на 50 мест КТПП	Контракт №189- 240ЭА/2023 от 15.01.2024	Учебный комплект программного обеспечения КОМПАС-3D v21 "Проектирование и конструирование в машиностроении" на 50 мест	бессрочная
7.	Среда разработки Delphi	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
8.	Среда разработки C++ Builder	Контракт № 143-	1 лицензия для активации на	бессрочная

		164ЭА/2010 от 14.12.10	рабочих станциях	
9.	Среда разработки Simulink Control Design Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
10.	Система проектирования СА ErWin Modeling Suite Bundle	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
11.	OriginPro 8.1 Department Wide License	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
12.	Программа обработки экспериментальных данных BioOffice ultra	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
13.	Программа обработки экспериментальных данных Chemdraw pro	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
14.	Программа обработки экспериментальных данных Chemdraw ultra	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
15.	MATLAB Academic new Product Group Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	3 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
16.	MATLAB Classroom Suite new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
17.	Instrument Control Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
18.	Image Processing Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
19.	Fuzzy Logic Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная

		от 14.12.10		
20.	System Identification Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
21.	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
22.	Statistics Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
23.	Global Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
24.	Partial Differential Equation Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
25.	Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
26.	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
27.	NI Circuit Design Suite	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	10 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
28.	Неисключительная лицензия OriginLab ORIGINPRO- New License Node-Lock License Singl Seat EDUCATIONAL	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	13 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
29.	Неисключительная лицензия Originlab Annual Maintenance Renewal OriginPro 2022b Perpetual Node-Locked Academic Licens	Контракт №72-99ЭА/2022 от 29.08.2022	13 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
30.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-	24 лицензии для активации на	бессрочная

		64ЭА/2013 от 02.12.2013	рабочих станциях	
31.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28- 35ЭА/2020 от 26.05.2020	150 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
32.	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62- 64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
33.	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook	Контракт №175- 262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
34.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	-	24 месяца (продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
35.	iSpring Suite Max	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	1 лицензия для активации на рабочих станциях	02.12.2025
36.	iSpring Suite версия 11	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	1 лицензия для активации на рабочих станциях	02.12.2025
37.	Планы Мини	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	1	30.09.2025
38.	Astra Linux Special Edition для 64-х разрядной платформы на базе процессорной архитектуры x86-64	Контракт №189- 240ЭА/2023	60 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная

		от 15.01.2024		
39.	COMSOL Multiphysics, Лицензия на учебный класс (CKL)	Контракт № 109-132ЭА/2023 от 22.09.2023	1	бессрочная
40.	COMSOL Multiphysics, Плавающая сетевая лицензия (FNL)	Контракт № 109-132ЭА/2023 от 22.09.2023	1	бессрочная
41.	Антиплагиат.ВУЗ 5.0	Контракт № 13-143К/2025 от 30.04.2025	1	19.05.2026

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Требования к профессионально-ориентированному переводу. Особенности перевода специальных текстов.	<i>Знает:</i> – основные способы достижения эквивалентности в переводе; – основные приемы перевода; – языковую норму и основные функции языка как системы; – достаточное для выполнения перевода количество лексических единиц, фразеологизмов, в том числе социальных терминов и лингвострановедческих реалий; <i>Умеет:</i> – применять основные приемы перевода; – осуществлять письменный перевод с соблюдением норм лексической эквивалентности, соблюдением грамматических, синтаксических и стилистических норм; <i>Владеет:</i> – методикой подготовки к выполнению перевода, включая поиск информации в справочной, специальной литературе и компьютерных сетях.	Оценка за контрольную работу №1 (2 семестр)
Раздел 2. Лексико-грамматические проблемы перевода специальных текстов.	<i>Знает:</i> – основные способы достижения эквивалентности в переводе; – языковую норму и основные функции языка как системы – достаточное для выполнения перевода количество лексических единиц, фразеологизмов, в том числе социальных терминов и лингвострановедческих реалий; <i>Умеет:</i> – применять основные приемы перевода; – осуществлять письменный перевод с соблюдением норм лексической эквивалентности, соблюдением грамматических, синтаксических и стилистических норм; – оформлять текст перевода в компьютерном текстовом редакторе; – осуществлять перевод с соблюдением норм лексической эквивалентности, соблюдением	Оценка за контрольную работу №2 (2 семестр)

	грамматических, синтаксических и стилистических норм текста перевода и темпоральных характеристик исходного текста; <i>Владеет:</i> – методикой предпереводческого анализа текста, способствующей точному восприятию исходного высказывания; – методикой подготовки к выполнению перевода, включая поиск информации в справочной, специальной литературе и компьютерных сетях; – основами системы сокращенной переводческой записи при выполнении перевода; – основной иноязычной терминологией специальности.	
Раздел 3. Интернет и ИКТ в профессионально – ориентированном переводе.	<i>Знает:</i> – основные способы достижения эквивалентности в переводе; – достаточное для выполнения перевода количество лексических единиц, фразеологизмов, в том числе социальных терминов и лингвострановедческих реалий; <i>Умеет:</i> – применять основные приемы перевода; – осуществлять письменный перевод с соблюдением норм лексической эквивалентности, соблюдением грамматических, синтаксических и стилистических норм; – оформлять текст перевода в компьютерном текстовом редакторе; – осуществлять перевод с соблюдением норм лексической эквивалентности, соблюдением грамматических, синтаксических и стилистических норм текста перевода и темпоральных характеристик исходного текста; <i>Владеет:</i> – методикой предпереводческого анализа текста, способствующей точному восприятию исходного высказывания; – методикой подготовки к выполнению перевода, включая поиск информации в справочной,	Оценка за контрольную работу №3 (2 семестр) Оценка за реферат (2 семестр) Оценка за практическую работу (2 семестр)

	специальной литературе и компьютерных сетях; – основами системы сокращенной переводческой записи при выполнении перевода; – основной иноязычной терминологией специальности; – основами реферирования и аннотирования литературы по специальности.	

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Профессионально-ориентированный перевод»
основной образовательной программы
18.04.01 Химическая технология
магистерская программа
«Технология функциональных материалов электроники и фотоники»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Современное технологическое и аппаратурное оформление процессов
химической технологии»**

**Направление подготовки
18.04.01 Химическая технология**

**Магистерская программа
«Технология функциональных материалов электроники и фотоники»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена

К.х.н., ассистент кафедры химии и технологии кристаллов Зыкова М. П

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И. Менделеева

(Наименование кафедры)

«23» мая 2025 г., протокол № 13.

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 Химическая технология** (ФГОС ВО), накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **химии и технологии кристаллов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина **«Современное технологическое и аппаратное оформление процессов химической технологии»** относится к **обязательной** части дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области химической технологии монокристаллов и гетерофазных пленочных структур, оборудования и основ проектирования предприятий по производству монокристаллов и гетерофазных пленочных структур.

Цель дисциплины – дать студентам знания об основных компонентах основных средств производства высокочистых веществ и изделий электронной компонентной базы, а также расширить знания о методах проектирования чистых помещений, включая системы воздухообмена, очистки воды, подготовки жидких реактивов, холодоснабжения, энергообеспечения.

Задачи дисциплины:

- изучение характеристик конструкционных материалов и особенностей технологий создания «чистых зон»;
- изучение систем и особенностей проектирования систем электро-, воздухо- и холодообеспечения для чистых помещений;
- изучение систем и особенностей проектирования систем производства чистых газов;
- изучение систем и особенностей проектирования систем подготовки воды и жидких химикатов для технологий электроники.

Дисциплина **«Современное технологическое и аппаратное оформление процессов химической технологии»** преподается в 1-ом семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2 ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
Инженерная и технологическая подготовка	ОПК-3 Способен разрабатывать нормы выработки, технологические нормативы на расход материалов,	ОПК-3.1 Знает современные тенденции развития соответствующего направления химической промышленности ОПК-3.2 Знает технологические основы организации современных химических производств соответствующего профиля

	заготовок, топлива и электроэнергии, контролировать параметры технологического процесса, выбирать оборудование и технологическую оснастку	ОПК-3.3 Знает современные требования к аппаратурному оформлению основных процессов соответствующего направления химической промышленности ОПК-3.4 Знает конструкцию современного технологического оборудования соответствующего профиля ОПК-3.5 Умеет составлять и анализировать современные технологические схемы основных процессов соответствующего профиля, а также их оптимизировать и наполнять передовым современным оборудованием ОПК-3.6 Умеет выбирать оборудование для конкретных технологических процессов с учётом химических и физико-химических свойств перерабатываемых материалов ОПК-3.7 Умеет находить нестандартные решения задач технологического и аппаратурного оформления процессов химической технологии соответствующего профиля ОПК-3.8 Умеет квалифицированно оценивать эффективность разрабатываемых и существующих химико-технологических процессов ОПК-3.9 Умеет применять в профессиональной деятельности современные технологии и оборудование ОПК-3.10 Владеет современными представлениями о передовых технологиях и оборудовании соответствующего направления химической промышленности ОПК-3.11 Владеет навыками разработки современных инновационных химико-технологических процессов соответствующего профиля

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- Современные тенденции развития химической промышленности.
- Технологические основы организации современных химических производств и помещений в области электроники и фотоники.
- Современные требования к аппаратурному оформлению процессов химической технологии в области производства высокочистых материалов для фотоники и электроники.
- Технологические и эксплуатационные требования к оборудованию для производства высокочистых материалов и изделий фотоники и электроники.

Уметь:

- Формулировать требования к технологическому и аппаратному оформлению процессов химической технологии материалов для фотоники и электроники.
- Оценивать эффективность разрабатываемых и существующих химико-технологических процессов получения материалов и изделий фотоники и электроники.
- Осуществлять выбор оборудования для технологических процессов с учетом химических и физико-химических свойств перерабатываемых материалов.
- Составлять технологические схемы и оптимизировать в соответствии с современными требованиями системы водоснабжения, хранения чистых газов, производство высокочистых веществ.

Владеть:

- Информацией о современных тенденциях в аппаратном оснащении современных промышленных помещений и лаборатории для изготовления различных приборов электроники и фотоники.
- Навыками разработки современных инновационных химико-технологических процессов, включая основные требования к аппаратному оформлению и поддержанию процессов химической технологии.

3 ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,5	51	38,5
Лекции	0,5	17	12
Практические занятия (ПЗ)	1	34	25,5
Самостоятельная работа	0,5	21	15,75
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	1,5	21	15,75
Вид контроля:			
Экзамен	1	36	27
Контрольная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену		35,6	26,7
Вид итогового контроля:	Экзамен		

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**4.1 Разделы дисциплины и виды занятий**

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лекции	Прак. зан.	Сам. работа
1.	Раздел 1. Конструкции чистых помещений	22	4	8	10
2.	Раздел 2. Системы воздухообеспечения в чистых помещениях	22	4	8	10

3.	Раздел 3. Системы холодоснабжения	14	2	4	8
4.	Раздел 4. Системы производства и хранения чистых газов	20	2	6	12
5.	Раздел 5. Независимые энергетические установки	14	2	4	8
6	Раздел 6. Водоподготовка и подготовка жидких химикатов	16	2	4	10
	ИТОГО	108	16	34	58

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Конструкции чистых помещений

- 1.1. Конструкционные материалы и технологии их применения в создании чистых помещений.
- 1.2. Технология шлюзов для чистых помещений.
- 1.3. Технология боксов для чистых помещений.

Раздел 2. Системы воздухообеспечения в чистых помещениях

- 2.1. Центральные и прецизионные кондиционеры.
- 2.2. Вытяжные вентиляторы и скрубберы.
- 2.3. Фильтровентиляционные модули.

Раздел 3. Системы холодоснабжения

- 3.1. Чиллеры водо- и воздухоохлаждаемые.
- 3.2. Компрессорно-конденсаторные блоки.
- 3.3. Градирни сухие и мокрые.

Раздел 4. Системы производства и хранения чистых газов

- 3.1. Электролизеры.
- 3.2. Генераторы.
- 3.3. Адсорбционные ресиверы.
- 3.4. Осушители и фильтры.
- 3.5. Криогенные резервуары.
- 3.6. Воздушные испарители, криосепараторы.
- 3.7. Криогенные насосы и трубопроводы.
- 3.8. Газобаллонные шкафы, газовые панели, газораспределительные шкафы.
- 3.9. Системы смешения газов и паров.
- 3.10. Фильтры и фильтрующие сборки. Очистители, газопоглотители, диффузоры.
- 3.11. Скрубберы.
- 3.12. Трубопроводы и арматура для чистых газов.

Раздел 5. Независимые энергетические установки

- 4.1. Дизельные и газовые энергостанции.
- 4.2. Когенерационные установки.
- 4.3. Адсорбционные холодильные установки.

- 4.4. Статические источники бесперебойного питания.
- 4.5. Динамические источники бесперебойного питания.

Раздел 6. Водоподготовка и подготовка жидких химикатов

- 5.1. Станции подготовки деионизированной воды.
- 5.2. Высокочистые клапаны, фитинги и трубопроводы для сверхчистой воды.
- 5.3. Дозирующие насосы, фильтры, контроллеры, анализаторы для сверхчистой воды.
- 5.4. Емкости для чистой воды и химических реактивов.
- 5.5. Шкафы приготовления и подачи чистых химических растворов и суспензий.
- 5.6. Шкафы сбора и удаления отработанных химических растворов.
- 5.7. Системы контроля утечки жидких химикатов.
- 5.8. Высокочистые клапаны, диафрагменные насосы, расходомеры, измерители давления, фитинги.

5 СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6
	Знать:							
1	– Современные тенденции развития химической промышленности.		+					
2	– Технологические основы организации современных химических производств и помещений в области электроники и фотоники.			+	+	+	+	+
3	– Современные требования к аппаратному оформлению процессов химической технологии в области производства высокочистых материалов для фотоники и электроники.			+	+	+	+	
4	– Технологические и эксплуатационные требования к оборудованию для производства высокочистых материалов и изделий фотоники и электроники.			+	+	+	+	
	Уметь:							
5	– Формулировать требования к технологическому и аппаратному оформлению процессов химической технологии материалов для фотоники и электроники.			+	+	+	+	+
6	– Оценивать эффективность разрабатываемых и существующих химико-технологических процессов получения материалов и изделий фотоники и электроники.			+	+	+	+	
7	– Осуществлять выбор оборудования для технологических процессов с учетом химических и физико-химических свойств перерабатываемых материалов.		+	+	+	+	+	+
8	– Составлять технологические схемы и оптимизировать в соответствии с современными требованиями системы водоснабжения, хранения чистых газов, производство высокочистых веществ.			+	+			
	Владеть:							
9	– Информацией о современных тенденциях в аппаратном оснащении современных промышленных помещений и лаборатории для изготовления различных приборов электроники и фотоники.		+	+	+	+	+	+
10	– Навыками разработки современных инновационных химико-технологических процессов, включая основные требования к аппаратному оформлению и поддержанию процессов химической технологии.		+	+	+	+	+	+
	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК						

7	ОПК-3 Способен разрабатывать нормы выработки, технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии, контролировать параметры технологического процесса, выбирать оборудование и технологическую оснастку.	ОПК-3.1 Знает современные тенденции развития соответствующего направления химической промышленности.	+			+		
		ОПК-3.2 Знает технологические основы организации современных химических производств соответствующего профиля.	+					
		ОПК-3.3 Знает современные требования к аппаратурному оформлению основных процессов соответствующего направления химической промышленности.	+	+	+	+	+	+
		ОПК-3.4 Знает конструкцию современного технологического оборудования соответствующего профиля.	+	+	+	+	+	+
		ОПК-3.5 Умеет составлять и анализировать современные технологические схемы основных процессов соответствующего профиля, а также их оптимизировать и наполнять передовым современным оборудованием.	+	+				+
		ОПК-3.6 Умеет выбирать оборудование для конкретных технологических процессов с учётом химических и физико-химических свойств перерабатываемых материалов.		+	+	+	+	+
		ОПК-3.7 Умеет находить нестандартные решения задач технологического и аппаратурного оформления процессов химической технологии соответствующего профиля.	+				+	

	ОПК-3.8 Умеет квалифицированно оценивать эффективность разрабатываемых и существующих химико-технологических процессов.		+	+	+	+	+
	ОПК-3.9 Умеет применять в профессиональной деятельности современные технологии и оборудование.	+					
	ОПК-3.10 Владеет современными представлениями о передовых технологиях и оборудовании соответствующего направления химической промышленности.	+	+	+	+	+	+
	ОПК-3.11 Владеет навыками разработки современных инновационных химико-технологических процессов соответствующего профиля.	+					+

6 ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1 Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1,2,3,4,5,6	Подготовка презентации по одной из тем: 1. Требования к помещению для производства микропроцессоров на уровне 130 нм. 2. Радон-free помещения. 3. Способы контроля частиц в высокочистых газах. 4. Методы получения и хранения высокочистых газов для микроэлектроники. 5. Контроль частиц в высокочистых жидкостях для микроэлектроники (вода, кислоты, растворители). 6. Современное оборудование предприятий производства чипов ИМС. 7. Чистые помещения в фармакопее. 8. Конструкционные материалы в производстве высокочистых материалов. 9. Чистые помещения в пищевой промышленности. 10. Требования к помещению для формирования OLED структур.	34

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторных занятий по дисциплине «Современное технологическое и аппаратное оформление процессов химической технологии» не предусмотрено.

7 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает следующие виды:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- подготовку реферата по тематике курса на основе проработки рекомендованной литературы и работы с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал,

законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

Учебной программой дисциплины «Современное технологическое и аппаратное оформление процессов химической технологии» предусмотрена самостоятельная работа студента в объеме 108 акад. час., в том числе самостоятельное изучение разделов дисциплины и выполнение домашних заданий в объеме 58 акад. час., на выполнение практической работы 34 акад. час.

8 ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине в 1 семестре складывается из оценок за контрольные работы (максимальная оценка каждой 20 баллов), практическая работа (максимальная оценка 20 баллов).

8.1 Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Практическая работа по дисциплине выполняется в 1 семестре в часы, выделенные учебным планом на самостоятельную работу. Максимальная оценка проекта – 20 баллов.

Примерные тематики курсовых проектов:

1. Требования к помещению для производства микропроцессоров на уровне 130 нм.
2. Радон-free помещения.
3. Способы контроля частиц в высокочистых газах.
4. Методы получения и хранения высокочистых газов для микроэлектроники.
5. Контроль частиц в высокочистых жидкостях для микроэлектроники (вода, кислоты, растворители).
6. Современное оборудование предприятий производства чипов ИМС.
7. Чистые помещения в фармакопей.
8. Конструкционные материалы в производстве высокочистых материалов.
9. Чистые помещения в пищевой промышленности.
10. Требования к помещению для формирования OLED структур.

8.2 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (по одной контрольной работе на каждые 2 раздела). Максимальная оценка за контрольные работы составляет 20 баллов за каждую.

Раздел 1-2.

Примеры вопросов теста

Тест № 1. В некоторых заданиях может быть несколько правильных ответов, нужно выбрать все.

Вопрос №1: Какое количество классов подразумевает российский ГОСТ ИСО 14644-2002?	
Варианты ответов	
1	6
2	7

3	8
4	9
5	не ограничено
Вопрос №2: Протокол испытаний для чистых помещений согласно ГОСТ ИСО 14644-2002 должен включать:	
Варианты ответов	
1	наименование, адрес проверяющей организации и дату проведения испытаний; обозначение настоящего стандарта; планировку испытуемого чистого помещения или чистой зоны (с информацией о соседних зонах, при необходимости) и координаты всех точек отбора проб; данные о назначении чистого помещения или чистой зоны с указанием классов чистоты, классификацию по ИСО, соответствующее состояние чистых помещений и заданные размеры частиц; данные об использованном методе испытаний, включая любые специальные условия, относящиеся к испытаниям или к отклонениям от метода испытаний, а также данные о приборе для испытаний и копию действующего сертификата калибровки; результаты испытаний, включая данные по концентрации частиц для всех точек отбора проб.
2	наименование, адрес проверяющей организации и дату проведения испытаний; обозначение настоящего стандарта; планировку испытуемого чистого помещения или чистой зоны (с информацией о соседних зонах, при необходимости) и координаты всех точек отбора проб; данные о назначении чистого помещения или чистой зоны с указанием классов чистоты, классификацию по ИСО, соответствующее состояние чистых помещений и заданные размеры частиц; результаты испытаний, включая данные по концентрации частиц для всех точек отбора проб.
3	наименование, адрес проверяющей организации и дату проведения испытаний; обозначение настоящего стандарта; планировку испытуемого чистого помещения или чистой зоны (с информацией о соседних зонах, при необходимости) и координаты всех точек отбора проб; данные о назначении чистого помещения или чистой зоны с указанием классов чистоты, классификацию по ИСО, соответствующее состояние чистых помещений и заданные размеры частиц; данные об использованном методе испытаний, включая любые специальные условия, относящиеся к испытаниям или к отклонениям от метода испытаний, а также данные о приборе для испытаний и копию действующего сертификата калибровки.
4	Произвольное заполнение протокола
Вопрос №3: Помещение для производства микросхем, расстояние между проводниками составляет менее 2 мкм должно соответствовать классу	
Варианты ответов	
1	не ниже ISO0
2	нет требований
3	не ниже ISO4
4	не ниже ISO8
5	не ниже ISO15
Вопрос №4: Примеры загрязнений, генерируемых операторами:	
Варианты ответов	
1	Частицы: чешуйки кожи, волосы, ресницы
2	Жиры – Испарения из носа (риск попадания в окружающую среду Na и K
3	Частишки кварцевых волокон
4	Ни один из вышеперечисленных вариантов

Вопрос №5: Для передачи объектов исследований между различными по чистоте комнатами могут быть использованы	
Варианты ответов	
1	Передаточные каналы
2	Передаточные боксы
3	Передаточные шлюзы
4	Переход оператора с образцами из одной чистой комнаты в другую
5	Ни один из вышеперечисленных вариантов
Вопрос №6: Устройство, используемое для очистки твёрдых или газообразных сред от примесей в различных химико-технологических процессах	
Варианты ответов	
1	Чиллер
2	Скруббер
3	Компрессорный блок
4	Градирня
5	Холодильные установки
Вопрос №7: Ультрачистая вода для пробоподготовки должна иметь (1 тип по ASTM, NCCLS, ISO 3696)	
Варианты ответов	
1	удельное сопротивление не ниже 18,18 МОм*см при 25 °С
2	удельное сопротивление не ниже 16,0 МОм*см при 25 °С
3	удельное сопротивление не ниже 18,2 МОм*см при 30 °С
4	Максимальное содержание кремния 0,003 мг/л
5	Содержание кремния не регламентируется
Вопрос №8: Стадии получения ультрачистой воды	
Варианты ответов	
1	Минерализация
2	Обратный осмос
3	Дистилляция
4	Ионный обмен
5	Ни один из вышеперечисленных
Вопрос №9: Не критическими загрязнителями для микроэлектроники являются	
Варианты ответов	
1	Вибрации
2	Влажность и температура
3	Следы примесей различных металлов (Na, K, Ca, Fe, Ni, Cr, Cu и Zn)
4	Частицы более 0,3 мкм
5	Пирогены
Вопрос №10: В стадию получения ультрачистой воды не входит	
Варианты ответов	
1	Минерализация
2	Обратный осмос
3	Дистилляция
4	Ионный обмен
Вопрос №11: Перечислите международные и российские стандарты чистых помещений:	
Варианты ответов	
1	ГОСТ ИСО 14644-2002
2	GMP
3	AFNOR X44101

4	Не один из выше перечисленных
Вопрос №12: Аккумулирование электростатических зарядов могут привести к	
Варианты ответов	
1	Изменению поведения операторов
2	Изменению влажности в помещении
3	Взрыву в присутствии порошков и газов
4	Снижению качества очистки воздуха через фильтры
5	Осаждению частиц на поверхности
Вопрос №13: К физическим методам осушки газов относятся	
Варианты ответов	
1	Адсорбция (цеолиты, силикагели)
2	Мембраны
3	Конденсация на холоду
4	Использование серной кислоты
5	Использование CaCl_2
Вопрос №14: К химическим методам осушки газов относятся	
Варианты ответов	
1	Адсорбция (цеолиты, силикагели)
2	Мембраны
3	Конденсация на холоду
4	Использование серной кислоты
5	Использование CaCl_2
Вопрос №15: Помещение для производства оптических волокон должно соответствовать классу	
Варианты ответов	
1	не ниже ISO0
2	нет требований
3	не ниже ISO6
4	не ниже ISO9
5	не ниже ISO15
Вопрос №16: Какие полимерные материалы обладают высокой устойчивостью к воздействию сильных кислот и щелочей при нагревании до 200 °С?	
Варианты ответов	
1	PTFE (Политетрафторэтилен)
2	PS (Полистирол)
3	PEHP (Полиэтилен высокого давления)
4	PP (Полипропилен)
5	PC (Поликарбонат)
6	PVC (Поливинилхлорид)
Вопрос №17: Для того чтобы добиться нужных параметров воздуха в чистых комнатах, вентиляционные системы...	
Варианты ответов	
1	снижают поток, создавая избыточное давление
2	создают перекрёстный поток
3	создают равновесие воздушных потоков между двумя соседними помещениями
4	снижают поток, создавая недостаточное давление
5	нагнетают поток, создавая избыточное давление
Вопрос №18: Для обеспечения стабильности работы оборудования в случаях возникновения неисправности в электросети требуется устанавливать	
Варианты ответов	

1	конденсаторы
2	выпрямители тока
3	источники бесперебойного питания
4	предохранитель
Вопрос №19: Для охлаждения нагреваемых участков в оборудовании используют	
Варианты ответов	
1	Воздухоохлаждаемые и водоохлаждаемые чиллеры
2	Скрубберы
3	Кондиционеры
4	Открытые окна
5	не один из перечисленных выше вариантов
Вопрос №20: Для производства кислорода и азота из воздуха используют	
Варианты ответов	
1	Адсорбционные установки
2	Криогенные установки
3	Элементы Пельтье
4	Мембранные установки
5	Вентиляторы

Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 20 баллов.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (1 семестр – вид контроля экзамен).

1. Перечислите области использования чистых помещений. Какие бывают классы чистых помещений в РФ и по международным стандартам? Какой класс помещения используют для производства интегральных микросхем с расстоянием между проводниками менее 2 мкм.

2. Способы получения высокочистой воды для микроэлектроники. Какие размеры частиц и какой концентрации контролируют в ультрачистой воде?

3. Статическое электричество в чистых помещениях. Почему оно опасно для производства микросхем? Методы борьбы со статическим электричеством.

4. Способы получения высокочистой серной кислоты для микроэлектроники.

5. Организация воздушных потоков в чистых помещениях и методы их контроля.

6. Перечислите механизмы фильтрации воздуха от частиц, применяемые в HEPA-фильтрах.

7. Перечислите способы фильтрации воздуха от частиц. Что такое рециркуляция воздуха в чистых помещениях. Как она организована и где применяется?

8. Источники радона. Где используют и как контролируют радон-free помещения?

9. Перечислите основные параметры окружающей среды в чистых помещениях. Как и где возникают вихревые потоки в чистых помещениях? Где образуются застойные зоны?

10. Гигиена персонала. Основные требования к персоналу, работающему в чистых помещениях. Из каких материалов изготавливают лабораторные перчатки (преимущества и недостатки).

11. Виды лабораторной посуды. Материалы, используемые для работы с высокочистыми жидкостями. Преимущества и недостатки полипропиленовой и политетрафторэтиленовой посуды.

12. Аттестация чистых помещений. Когда и на каких этапах проводится? Что включает аттестация чистых помещений? Методы контроля чистых помещений.

13. Классификация химических реактивов по степени чистоты и опасности в странах РФ, Европейского союза и США. Паспорт безопасности химической продукции.
14. Перечислите основные требования к высокочистым газам, применяемым в микроэлектронике. Способы получения высокочистых газов.
15. Способы транспортировки и хранения высокочистых газов.
16. Типы воды в микроэлектронике. Способы контроля частиц в ультрочистых жидкостях.
17. Характерные дефекты в микросхемах, вызванные попаданием частиц. Методы снижения вероятности попадания частиц в процесс изготовления микросхем. Хранение и транспортировка кремниевых пластин.
18. Адсорбционная осушка газа. Основные преимущества и недостатки.
19. Правила организации воздушных потоков в чистых помещениях. Методы их контроля и визуализации.
20. Перечислите области использования чистых помещений. Какие бывают классы чистых помещений в РФ и по международным стандартам? Как организованы мобильные зоны и в чем их отличие от стационарных зон?
21. Способы получения высокочистой перекиси водорода для микроэлектроники.

9 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Высокочистые вещества. Коллектив авторов. М., Научный мир, 2018, 996 с.
2. Гусева, Е. В. Организация чистых помещений. Применение изоляторных технологий [Текст] : учебное пособие / Е. В. Гусева, А. Ю. Троянkin, Н. В. Меньшутина. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. - 56 с.
3. Старостин И.И., Гапонюк Н.А. Исследование микроклимата воздуха рабочих зон производственных помещений. Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана. 2016. 20с.

Б. Дополнительная литература

1. Карпов Ю. А., Савостин А. П. Методы пробоотбора и пробоподготовки. Издательство "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"). 2020. 246с.
2. Камлюк В. С, Камлюк Д. В. Технологическое оборудование для микроэлектроники: учебное пособие. Республиканский институт профессионального образования. 2014. 314с.
3. Бохан К. А. Системы кондиционирования воздуха: учебное пособие. Брянский государственный аграрный университет. 2008. 174с.
4. Дзидзигури Э.Л., Лёвина В.В. Ультрадисперсные системы. Хранение и транспортировка ультрадисперсных материалов Издательство "МИСИС". 2005. 30с.
5. Ананьев В.А., Балужева Л. Н., Гальперин А. Д., Городов А. К., Еремин М. Ю., Звягинцева СМ., Мурашко В. П., Седых И. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика В. Изд. 3-е. — М.: Евроклимат, 2001. 416 с.
6. Уайт В. Проектирование чистых помещений Пер. с англ. М.: Клинрум, 2004. -360 с.
7. ГОСТ Р 8.694-2010 Государственная система обеспечения единства измерений. Стандартные образцы материалов (веществ). Общие статистические принципы определения метрологических характеристик.
8. ГОСТ Р ИСО 14644 Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Части 1-10.

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Реферативный журнал «Химия» (РЖХ), серия 19С «Химия»
- Журнал Неорганические материалы. ISSN: 0002-337X
- Журнал Физика твердого тела. ISSN: 0367-3294
- Журнал Известия ВУЗов. Материалы электронной техники. ISSN: 1609-3577
- Journal of Solid State Chemistry. ISSN: 0022-4596.
- Physica Status Solidi A. ISSN: 1862-6300
- Рекламные материалы ведущих производителей кристаллов и материалов электронной техники.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет

- <https://www.mt.com/ru/ru/home/library/guides> - Электронное руководство: принципы проектирования в соответствии с санитарными требованиями. МЕТТЛЕР ТОЛЕДО
- <http://www.14000.ru> - Информационный сайт по системам экологического менеджмента, энерго- и ресурсоэффективным технологиям производства
- <http://www.centerprioritet.ru> – СМЦ «Приоритет» - техническая документация исследований (ИКСИ) – заказ литературы, русскоязычные издания
- <http://www.scirp.org/journal/Index.aspx> - Scientific research. Open Access
- <http://www.intechopen.com/> - In Tech. Open Science
- <http://bookfi.org/g/> - BookFinder. Самая большая электронная библиотека рунета. Поиск книг и журналов
- <http://www.sciyo.com> - Welcome to Sciyo! Read, download & share more than 273 FREE SCIENTIFIC BOOKS
- <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека
- <http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России
- <http://lib.msu.su> - Научная библиотека Московского государственного университета
- <http://window.edu.ru> - полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
- <http://abc-chemistry.org/ru/> - ABC-Chemistry : Бесплатная научная химическая информация
- <http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - сайт ФИПС. Информация о патентах
- <http://findebookee.com/> - поисковая система по книгам
- <http://elibrary.ru> - научная электронная библиотека

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 14, (общее число слайдов – 458);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 60);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 35).

10 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной

литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Современное технологическое и аппаратное оформление процессов химической технологии»* проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1 Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с выходом в Интернет и доступом к базам данных.

11.2 Учебно-наглядные пособия:

Комплекты плакатов к разделам лекционного дисциплины.

11.3 Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4 Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

11.5 Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

12 ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Конструкции чистых помещений	Знает: – Современные тенденции развития химической промышленности. – Технологические основы организации современных химических производств и помещений в области электроники и фотоники. – Современные требования к аппаратному оформлению процессов химической технологии в области производства высокочистых материалов для фотоники и электроники. – Технологические и эксплуатационные требования к оборудованию для производства высокочистых материалов и изделий фотоники и электроники. Умеет: – Формулировать требования к технологическому и аппаратному оформлению процессов химической технологии материалов для фотоники и электроники. – Оценивать эффективность разрабатываемых и существующих химико-технологических процессов получения материалов и изделий фотоники и электроники. – Осуществлять выбор оборудования для технологических процессов с учетом химических и физико-химических свойств перерабатываемых материалов. – Составлять технологические схемы и оптимизировать в соответствии с современными требованиями системы водоснабжения, хранения чистых газов, производство высокочистых веществ. Владеет: – Информацией о современных тенденциях в аппаратном	Оценка за контрольную работу №1 (1 семестр) Оценка за курсовой проект

	оснащении современных промышленных помещений и лаборатории для изготовления различных приборов электроники и фотоники. – Навыками разработки современных инновационных химико-технологических процессов, включая основные требования к аппаратному оформлению и поддержанию процессов химической технологии.	
Раздел 2. Системы воздухообеспечения в чистых помещениях	Знает: – Современные тенденции развития химической промышленности. – Технологические основы организации современных химических производств и помещений в области электроники и фотоники. – Современные требования к аппаратному оформлению процессов химической технологии в области производства высокочистых материалов для фотоники и электроники. – Технологические и эксплуатационные требования к оборудованию для производства высокочистых материалов и изделий фотоники и электроники. Умеет: – Формулировать требования к технологическому и аппаратному оформлению процессов химической технологии материалов для фотоники и электроники. – Оценивать эффективность разрабатываемых и существующих химико-технологических процессов получения материалов и изделий фотоники и электроники. – Осуществлять выбор оборудования для технологических процессов с учетом химических и физико-химических свойств перерабатываемых материалов. – Составлять технологические схемы и оптимизировать в соответствии с современными требованиями системы	Оценка за контрольную работу №1 (1 семестр) Оценка за курсовой проект

	водоснабжения, хранения чистых газов, производство высокочистых веществ. Владеет: – Информацией о современных тенденциях в аппаратном оснащении современных промышленных помещений и лаборатории для изготовления различных приборов электроники и фотоники. – Навыками разработки современных инновационных химико-технологических процессов, включая основные требования к аппаратному оформлению и поддержанию процессов химической технологии.	
Раздел 3. Системы холоснабжения	Знает: – Современные тенденции развития химической промышленности. – Технологические основы организации современных химических производств и помещений в области электроники и фотоники. – Современные требования к аппаратному оформлению процессов химической технологии в области производства высокочистых материалов для фотоники и электроники. – Технологические и эксплуатационные требования к оборудованию для производства высокочистых материалов и изделий фотоники и электроники. Умеет: – Формулировать требования к технологическому и аппаратному оформлению процессов химической технологии материалов для фотоники и электроники. – Оценивать эффективность разрабатываемых и существующих химико-технологических процессов получения материалов и изделий фотоники и электроники. – Осуществлять выбор оборудования для технологических процессов с учетом химических и	Оценка за контрольную работу №2 (1 семестр) Оценка за курсовой проект

	физико-химических свойств перерабатываемых материалов. – Составлять технологические схемы и оптимизировать в соответствии с современными требованиями системы водоснабжения, хранения чистых газов, производство высокочистых веществ. Владеет: – Информацией о современных тенденциях в аппаратном оснащении современных промышленных помещений и лаборатории для изготовления различных приборов электроники и фотоники. – Навыками разработки современных инновационных химико-технологических процессов, включая основные требования к аппаратному оформлению и поддержанию процессов химической технологии.	
Раздел 4. Системы производства и хранения чистых газов	Знает: – Современные тенденции развития химической промышленности. – Технологические основы организации современных химических производств и помещений в области электроники и фотоники. – Современные требования к аппаратному оформлению процессов химической технологии в области производства высокочистых материалов для фотоники и электроники. – Технологические и эксплуатационные требования к оборудованию для производства высокочистых материалов и изделий фотоники и электроники. Умеет: – Формулировать требования к технологическому и аппаратному оформлению процессов химической технологии материалов для фотоники и электроники.. – Оценивать эффективность разрабатываемых и существующих	Оценка за контрольную работу №2 (1 семестр) Оценка за курсовой проект

	химико-технологических процессов получения материалов и изделий фотоники и электроники. – Осуществлять выбор оборудования для технологических процессов с учетом химических и физико-химических свойств перерабатываемых материалов. – Составлять технологические схемы и оптимизировать в соответствии с современными требованиями системы водоснабжения, хранения чистых газов, производство высокочистых веществ. Владеет: – Информацией о современных тенденциях в аппаратном оснащении современных промышленных помещений и лаборатории для изготовления различных приборов электроники и фотоники. – Навыками разработки современных инновационных химико-технологических процессов, включая основные требования к аппаратному оформлению и поддержанию процессов химической технологии.	
Раздел 5. Независимые энергетические установки	Знает: – Современные тенденции развития химической промышленности. – Технологические основы организации современных химических производств и помещений в области электроники и фотоники. – Современные требования к аппаратному оформлению процессов химической технологии в области производства высокочистых материалов для фотоники и электроники. – Технологические и эксплуатационные требования к оборудованию для производства высокочистых материалов и изделий фотоники и электроники. Умеет: – Формулировать требования к	Оценка за контрольную работу №2 (1 семестр)

	технологическому и аппаратному оформлению процессов химической технологии материалов для фотоники и электроники.. – Оценивать эффективность разрабатываемых и существующих химико-технологических процессов получения материалов и изделий фотоники и электроники. – Осуществлять выбор оборудования для технологических процессов с учетом химических и физико-химических свойств перерабатываемых материалов. – Составлять технологические схемы и оптимизировать в соответствии с современными требованиями системы водоснабжения, хранения чистых газов, производство высокочистых веществ. Владеет: – Информацией о современных тенденциях в аппаратном оснащении современных промышленных помещений и лаборатории для изготовления различных приборов электроники и фотоники. – Навыками разработки современных инновационных химико-технологических процессов, включая основные требования к аппаратному оформлению и поддержанию процессов химической технологии.	
Раздел 6. Водоподготовка и подготовка жидких химикатов	Знает: – Современные тенденции развития химической промышленности. – Технологические основы организации современных химических производств и помещений в области электроники и фотоники. – Современные требования к аппаратному оформлению процессов химической технологии в области производства высокочистых материалов для фотоники и электроники. – Технологические и	Оценка за контрольную работу №2 (1 семестр)

	эксплуатационные требования к оборудованию для производства высокочистых материалов и изделий фотоники и электроники. Умеет: – Формулировать требования к технологическому и аппаратному оформлению процессов химической технологии материалов для фотоники и электроники.. – Оценивать эффективность разрабатываемых и существующих химико-технологических процессов получения материалов и изделий фотоники и электроники. – Осуществлять выбор оборудования для технологических процессов с учетом химических и физико-химических свойств перерабатываемых материалов. – Составлять технологические схемы и оптимизировать в соответствии с современными требованиями системы водоснабжения, хранения чистых газов, производство высокочистых веществ. Владеет: – Информацией о современных тенденциях в аппаратном оснащении современных промышленных помещений и лаборатории для изготовления различных приборов электроники и фотоники. – Навыками разработки современных инновационных химико-технологических процессов, включая основные требования к аппаратному оформлению и поддержанию процессов химической технологии.	

13 ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);
- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;
- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ
«Современное технологическое и аппаратурное оформление процессов химической
технологии»

основной образовательной программы

18.04.01 Химическая технология

магистерская программа

«Технология функциональных материалов электроники и фотоники»

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Современные методы и оборудование для производства гетерофазных
пленочных структур»**

**Направление подготовки
18.04.01 Химическая технология**

**Магистерская программа
«Технология функциональных материалов электроники и фотоники»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена:

Заведующим кафедрой химии и технологии кристаллов, д.х.н., профессором И.Х. Аветисовым.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И. Менделеева

(Наименование кафедры)

«23» мая 2025 г., протокол № 13.

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 Химическая технология** (ФГОС ВО), накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *химии и технологии кристаллов* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 2 и 3 семестров.

Дисциплина **«Современные методы и оборудование для производства гетерофазных пленочных структур»** относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплинам по выбору учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области химической технологии материалов и изделий электроники и фотоники.

Цель дисциплины – состоит в обучении студентов магистратуры знаниям, умениям и навыкам использования информации об оборудовании для производства гетерофазных пленочных структур для приборов фотоники и электроники.

Задачи дисциплины – основные задачи дисциплины заключаются в формировании у студентов магистратуры углубленных знаний в области процессов и оборудовании, используемого для реализации той или иной технологии изготовления гетерофазных пленочных структур и на основе этих знаний выработка системного подхода к постановке, выполнению и анализу результатов научных исследований в указанной области материаловедения.

Дисциплина **«Современные методы и оборудование для производства гетерофазных пленочных структур»** преподается во 2-ом и 3-ем семестрах. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2 ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-1 Способен формулировать задачи в области химической технологии для самостоятельной и коллективной научно-исследовательской работы, разрабатывать планы их реализации и задания для исполнителей	ПК-1.1 Знает принципы планирования научной работы коллектива исполнителей исходя из целей, задач и ресурсов проведения НИОКР	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт 29.002 «Специалист технического обеспечения технологических процессов производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. N 598н Обобщенная трудовая функция Ф. Координация работ по технической подготовке и сопровождению производства приборов квантовой электроники и
			ПК-1.2 Умеет выбирать методы и средства проведения исследований и разработок	
			ПК-1.3 Владеет приемами оценки материальных, кадровых и временных ресурсов, потребных для научного исследования	

				фотоники на базе нанотехнологий. F/02.7 Разработка требований к уровню технической подготовки производства и контрольных показателей для его оценки (уровень квалификации – 7).
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-5 Способен осуществлять комплексный анализ научных основ технологии новых материалов и изделий электроники и наноэлектроники	ПК-5.1 Знает современные требования к функциональным характеристиками материалов и изделий электроники и наноэлектроники ПК-5.2 Умеет модифицировать имеющиеся материалы для нужд создания новых изделий электроники и наноэлектроники - ПК-5.3 Владеет способами измерения функциональных характеристик материалов и изделий электроники и наноэлектроники	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт 29.002 «Специалист технического обеспечения технологических процессов производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. N 598н Обобщенная трудовая функция Ф. Координация работ по технической подготовке и сопровождению производства приборов квантовой электроники и фотоники на базе нанотехнологий. F/02.7 Разработка требований к уровню

				технической подготовки производства и контрольных показателей для его оценки (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.037 «Специалист по разработке технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция Е. Разработка концепции технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов(Е/03.7 Разработка технологической концепции производства нового прибора (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.039 «Специалист в области разработки полупроводниковых лазеров», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция

				С/03.7. Научно-техническое сопровождение изготовления опытной партии разработанной новой модели полупроводникового лазера (уровень квалификации – 7).

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

знать:

- Оборудование и технологии резки кристаллов и обработки подложек
- Оборудования для жидкостной химической обработки
- Оборудование для процессов PVD, CVD, ALD.
- Оборудование и технологии для эпитаксии.
- Оборудование и технологии различных видов литографии
- Оборудование и технологии термической обработки для проведения процессов отжига, окисления и диффузии
- Оборудование и технологии плазмохимической обработки
- Измерительное оборудование для контроля параметров монокристаллических и вспомогательных материалов
- Оборудование для получения высокочистых элементарных веществ, веществ на основе неорганических и органических соединений

уметь:

- Формулировать требования к технологическому оборудованию для получения и обработки гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники.
- Формулировать требования к измерительному оборудованию для анализа характеристик основных и вспомогательных материалов электроники и фотоники.
- Осуществлять выбор оборудования для производства гетерофазных пленочных структур в зависимости от заданного способа производства.
- Составлять компоненты технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEMI).

владеть:

- Информацией о современном и перспективном оборудовании для формирования топологии и методах получения гетерофазных пленочных для различных приборов электроники.
- Информацией по методам контроля параметров гетерофазных пленочных структур

3 ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего		Семестр			
			2 семестр		3 семестр	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5	180	2	72	3	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	3	102	1.5	51	1.5	51
в том числе в форме практической подготовки	0,5	12	0,25	6	0,25	6
Лекции	1	34	0.5	17	0.5	17
Практические занятия (ПЗ)	2	68	1	34	1	34
в том числе в форме практической подготовки	0,5	12	0,25	6	0,25	6

Самостоятельная работа	2	78	0,5	21	1,5	57
Контактная самостоятельная работа	2	0,6	0,5	0,2	1,5	0,4
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		77,4		20,8		56,6
Виды контроля:						
Зачет			+			
Зач. с оценкой						+
Вид итогового контроля:			Зачет		Зач. с оценкой	

Вид учебной работы	Всего		Семестр			
			2 семестр		3 семестр	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр . ч.	ЗЕ	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5	135	2	54	3	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	3	76.5	1.5	38.3	1.5	38.2
в том числе в форме практической подготовки	0,5	9	0,25	4.5	0,25	4.5
Лекции	1	25.5	0.5	12.8	05	12.7
Практические занятия (ПЗ)	2	51	1	25.5	1	25.5
в том числе в форме практической подготовки	0,5	9	0,25	4.5	0,25	4.5
Самостоятельная работа	2	58.5	0,5	15.8	1,5	42.7
Контактная самостоятельная работа	2	0,4	0,5	0,15	1,5	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		58,1		15,6 5		42,4
Виды контроля:						
Зачет			+			
Зач. с оценкой						+
Вид итогового контроля:			Зачет		Зач. с оценкой	

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
1.	Раздел 1. Оборудование и технологии резки кристаллов	18	1,0	3,0	6,0	1,0	7,0
2.	Раздел 2. Оборудование и технологии обработки подложек	12	1,0	2,0	4,0	1,0	5,0
3.	Раздел 3. Оборудования для жидкостной химической обработки	18	1,0	3,0	6,0	1,0	7,0
4.	Раздел 4. Оборудование для парофазной обработки	18	1,0	3,0	6,0	1,0	7,0
5.	Раздел 5. Оборудование и технологии для эпитаксии	18	1,0	3,0	6,0	1,0	7,0
6.	Раздел 6. Оборудование и технологии литографии	18	1,0	3,0	6,0	1,0	7,0
7.	Раздел 7. Оборудование и технологии термической обработки	18	1,0	3,0	6,0	1,0	7,0
8.	Раздел 8. Оборудование и технологии плазмохимической обработки	14,5	1,0	2,5	5,0	1,0	5,0
9.	Раздел 9. Измерительное оборудование для контроля параметров материалов	14,5	1,0	2,5	5,0	1,0	5,0

10.	Раздел 10. Оборудование для получения высокочистых элементарных веществ	18	1,0	3,0	6,0	1,0	7,0
11.	Раздел 11. Оборудование для синтеза высокочистых веществ на основе неорганических соединений	18	1,0	3,0	6,0	1,0	7,0
12.	Раздел 12. Оборудование для синтеза высокочистых веществ на основе органических соединений	18	1,0	3,0	6,0	1,0	7,0
	ИТОГО	180	12	34,0	68,0	12,0	78,0

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Оборудование и технологии резки кристаллов

- 1.1. Оборудование и технологии дисковой резки слитков
- 1.2. Оборудование и технологии струнной резки слитков и брикетов

Раздел 2. Оборудование и технологии обработки подложек

- 2.1. Оборудование и технологии шлифовки и полировки подложек
- 2.2. Оборудование и технологии химико-механической обработки (утонения) пластин
- 2.3. Оборудование и технология резки и микрообработки пластин

Раздел 3. Оборудования для жидкостной химической обработки

- 3.1. Оборудование и технологии групповой обработки кусков поликремния
- 3.2. Оборудование и технологии жидкостной групповой обработки солнечных элементов
- 3.3. Оборудование и технологии гидромеханической очистки и сушки пластин
- 3.4. Оборудование и технологии химического осаждения металлов
- 3.5. Оборудование и технологии формирования пористого кремния
- 3.6. Оборудование и технологии удаления полимеров, травления и мойки кремниевых труб

Раздел 4. Оборудование для парофазной обработки

- 4.1. Технология и оборудование для PVD процессов
- 4.2. Технология и оборудование для CVD процессов
- 4.3. Технология и оборудование для ALD процессов

Раздел 5. Оборудование и технологии для эпитаксии

- 5.1. Технология и оборудование для жидкостной эпитаксии
- 5.2. Технология и оборудование для молекулярно-лучевой эпитаксии

Раздел 6. Оборудование и технологии литографии

- 6.1. Оборудование для изготовления фотошаблонов
- 6.2. Оборудование и технологии оптической литографии
- 6.3. Оборудование и технологии электронно-лучевой литографии
- 6.4. Оборудование и технологии лазерной литографии
- 6.5. Оборудование и технологии рентгеновской литографии
- 6.6. Оборудование и технологии ионно-лучевой литографии
- 6.7. Оборудование и технологии атомно-силовой литографии

Раздел 7. Оборудование и технологии термической обработки

- 7.1. Оборудование и технологии термического отжига
- 7.2. Оборудование и технологии термического окисления
- 7.3. Оборудование и технологии для термодиффузии
- 7.4. Оборудование и технологии для термических процессов нитридирования и силицидирования
- 7.5. Оборудование и технологии для термического озонения

Раздел 8. Оборудование и технологии плазмохимической обработки

- 8.1. Оборудование и технологии плазмохимического осаждения
- 8.2. Оборудование и технологии плазмохимического напыления
- 8.3. Оборудование и технологии плазмохимического травления

Раздел 9. Измерительное оборудование для контроля параметров материалов

- 9.1. Оборудование и технологии контроля качества монокристаллических образцов

- 9.2. Оборудование и технологии контроля качества пластин для эпитаксии
- 9.3. Системы дефектоскопии масок и фотошаблонов
- 9.4. Системы восстановления масок и фотошаблонов

Раздел 10. Оборудование для получения высокочистых элементарных веществ

- 10.1. Оборудование для очистки методами направленной кристаллизацией расплавов
- 10.2. Оборудование для очистки методами сублимации
- 10.3. Оборудование для очистки растворными методами

Раздел 11. Оборудование для синтеза высокочистых веществ на основе неорганических соединений

- 11.1. Оборудование для синтеза фаз неорганических соединений расплавными методами при пониженных и нормальных давлениях.
- 11.2. Оборудование для синтеза фаз неорганических соединений расплавными методами при высоких давлениях.
- 11.3. Оборудование для синтеза фаз неорганических соединений парофазными методами.
- 11.4. Оборудование для синтеза фаз неорганических соединений с контролируемым отклонением состава от стехиометрии.

Раздел 12. Оборудование для синтеза высокочистых веществ на основе органических соединений

- 12.1. Оборудование для синтеза и очистки фаз органических соединений с использованием растворных методов.
- 12.2. Оборудование для синтеза и очистки фаз органических соединений с использованием расплавных методов.
- 12.3. Оборудование для синтеза и очистки фаз органических соединений с использованием парофазных методов при пониженных и нормальных давлениях.
- 12.4. Оборудование для синтеза и очистки фаз органических соединений с использованием парофазных методов при повышенных давлениях.
- 12.5. Особенности оборудования для синтеза кристаллических фаз высокочистых органических соединений с контролируемым отклонением состава от стехиометрии.

5 СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7	Раздел 8	Раздел 9	Раздел 10	Раздел 11	Раздел 12
	Знать: (перечень из п.2)												
1	- Оборудование и технологии резки кристаллов и обработки подложек	+	+										
2	- Оборудования для жидкостной химической обработки			+									
3	- Оборудование для процессов PVD, CVD, ALD.				+								
4	- Оборудование и технологии для эпитаксии.					+							
5	- Оборудование и технологии различных видов литографии						+						
6	- Оборудование и технологии термической обработки для проведения процессов отжига, окисления и диффузии							+					
7	- Оборудование и технологии плазмохимической обработки								+				
8	- Измерительное оборудование для контроля параметров монокристаллических и вспомогательных материалов									+			
9	- Оборудование для получения высокочистых элементарных веществ, веществ на основе неорганических и органических соединений										+	+	+
	Уметь: (перечень из п.2)												
7	– Формулировать требования к технологическому оборудованию для получения и обработки гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники.	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+
	– Формулировать требования к измерительному оборудованию для анализа характеристик основных и вспомогательных материалов электроники и фотоники.									+			

8	– Осуществлять выбор оборудования для производства гетерофазных пленочных структур в зависимости от заданного способа производства.	+	+	+	+	+	+	+	+				
9	– Составлять компоненты технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEMI)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Владеть: (перечень из п.2)												
10	– Информацией о современном и перспективном оборудовании для формирования топологии и методах получения гетерофазных пленочных для различных приборов электроники			+	+	+	+	+	+		+	+	+
11	– Информацией по методам контроля параметров гетерофазных пленочных структур	+	+							+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</u>													
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК											

11	ПК-1 Способен формулировать задачи в области химической технологии для самостоятельной и коллективной научно-исследовательской работы, разрабатывать планы их реализации и задания для исполнителей	ПК-1.1 Знает принципы планирования научной работы коллектива исполнителей исходя из целей, задач и ресурсов проведения НИОКР	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
12		ПК-1.2 Умеет выбирать методы и средства проведения исследований и разработок	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

13		ПК-1.3 Владеет приемами оценки материальн ых, кадровых и временных ресурсов, потребных для научного исследован ия	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
14	ПК-5 Способен осуществлять комплексный анализ научных основ технологии новых материалов и изделий электроники и наноэлектроники	ПК-5.1 Знает современн ые требования к функциона льным характерис тиками материалов и изделий электроник и и наноэлектр оники	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+

15		ПК-5.2 Умеет модифицир овать имеющиеся материалы для нужд создания новых изделий электроник и и наноэлектр оники			+	+	+	+	+	+		+	+	+
16		ПК-5.3 Владеет способами измерения функциона льных характерис тик материалов и изделий электроник и и наноэлектр оники									+	+	+	+

6 ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1 Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 1.	Практическое занятие 1. Расчет напряжений при дисковой и струнной резке кристаллов	6,0
2	Раздел 2.	Практическое занятие 2. Расчет процессов шлифовки и химико-механической полировки. Расчет расхода материалов при шлифовке и химико-механической полировки	4,0
3	Раздел 3.	Практическое занятие 3. Расчет процессов химического осаждения металлов	6,0
4	Раздел 4.	Практическое занятие 4. Расчет PVD процесса формирования ОСИД структур. Расчет CVD процесса осаждения халькогенидов цинка. Расчет ALD процессов формирования оксидных структур.	6,0
5	Раздел 5.	Практическое занятие 5. Расчет процесса жидкофазной и эпитаксии КРТ. Расчет процесса электронно лучевого осаждения пленок АЗВ5.	6,0
6	Раздел 6.	Практическое занятие 6. Расчет процесса рентгеновской фотолитографии	6,0
7	Раздел 7.	Практическое занятие 7. Расчет процесса термического окисления кремния.	6,0
8	Раздел 8.	Практическое занятие 8. Расчет процесса плазмохимического осаждения оксидных слоев.	5,0
9	Раздел 10.	Практическое занятие 10. Расчет процесса сублимационной очистки конгруэнтно сублимирующих соединений	6,0
10	Раздел 11.	Практическое занятие 11. Расчет процесса синтеза нестехиометрических фаз до заданного отклонения от стехиометрии	6,0
11	Раздел 12.	Практическое занятие 12. Расчет процесса сублимационных очистки металл-органических координационных соединений.	6,0

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторных занятий по дисциплине «Современные методы и оборудование для производства гетерофазных пленочных структур» не предусмотрено.

7 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины «Современные методы и оборудование для производства гетерофазных пленочных структур» предусмотрена самостоятельная работа студента в объеме 78 акад. час., в том числе самостоятельное изучение разделов

дисциплины и выполнение домашних заданий в объеме 63 акад. час., подготовку реферата в объеме 18 акад. час., а также выполнения курсового проекта.

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает следующие виды:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- подготовку реферата по тематике курса на основе проработки рекомендованной литературы и работы с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче зачета и зачета с оценкой.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8 ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине в 2 семестре складывается из оценок за практические занятия (максимальная оценка 80 баллов), реферата (максимальная оценка 20 баллов);

Совокупная оценка по дисциплине в 3 семестре складывается из оценок за практические занятия (максимальная оценка 45 баллов), реферата (максимальная оценка 15 баллов) контроля в форме зачета с оценкой (максимальная оценка 100 баллов).

8.1 Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Реферат по дисциплине выполняется во 2 семестре в часы, выделенные учебным планом на самостоятельную работу. Максимальная оценка реферата – 20 баллов.

Примерные тематики рефератов:

- Современные тенденции в области пучковых технологий.
- Исследования процессов вакуумного испарения многокомпонентных систем.
- Современные конструкции термических испарителей при производстве ОСИД дисплеев.
- Современные тенденции в создании тонкопленочных прозрачных проводящих слоев для устройств отображения информации.
- История создания и современные тенденции развития технологий тонкопленочных структур при производстве интегральных схем с топологическими нормами менее 25 нм.
- Нанолитография и ее применение при производстве современных микросхем.

- Способы формирования тонкопленочных светофильтров в полноцветных устройствах отображения информации.
- Современные тенденции в области нанолитографических процессов
- Современные технологии термической обработки изделий, включая импульсную световую обработку, плазменную обработку и т.п.
- Современные достижения в области высоковакуумных производственных систем.

8.2 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 1 тест (по 1 разделу) и 2 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы составляет по 15 баллов за каждую.

Раздел 1-2. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 10 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1.

1. Рассчитать напряжения при струнной резке кристаллов кремния диаметром 100 мм со скоростью реза 50 мм/час.
2. Рассчитать расход СОЖ для струнной резки кристаллов кремния диаметром 100 мм со скоростью реза 50 мм/час

Вопрос 1.2.

1. Рассчитать напряжения при дисковой резке кристаллов кремния диаметром 100 мм со скоростью реза 10 мм/мин
2. Рассчитать расход СОЖ при дисковой резке кристаллов кремния диаметром 100 мм со скоростью реза 10 мм/мин

Раздел 3-4. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 10 баллов за вопрос.

Вопрос 2.1.

1. Рассчитать время осаждения слоя металлического золота толщиной 15 мкм на подложку кадмий-цинк-теллур.
2. Рассчитать скорость осаждения трис(8-оксихинолята) алюминия, осаждаемого методом PVD на подложку с диагональю 2 м.

Вопрос 2.2.

1. Рассчитать время осаждения слоя металлического алюминия толщиной 100 нм на подложку из поликарбоната.
2. Рассчитать скорость осаждения селенида цинка толщиной 3 см, осаждаемого методом CVD на стеклоуглеродную подложку.

Раздел 5-6. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 10 баллов за вопрос.

Вопрос 3.1.

1. Рассчитать скорость жидкофазной эпитаксии слоя КРТ толщиной 15 мкм на подложку КЦТ.
2. Рассчитать время экспозиции при рентгеновской фотолитографии слоя ПММА толщиной 20 нм.

Вопрос 3.2.

1. Рассчитать скорость жидкофазной эпитаксии слоя КРТ толщиной 25 мкм на подложку арсенида галлия.

2. Рассчитать время экспозиции при рентгеновской фотолитографии слоя ПММА толщиной 50 нм.

Раздел 7-8. Примеры вопросов к контрольной работе № 4. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 10 баллов за вопрос.

Вопрос 4.1.

1. Рассчитать время формирования слоя диоксида кремния при термическом окислении во влажном кислороде при 800 С с формированием слоя толщиной 50 нм.
2. Рассчитать время осаждения слоя ИТО толщиной 100 нм при плазмохимическом распылении мишени Индий-олово в аргонно-кислородной плазме.

Вопрос 4.2.

1. Рассчитать время формирования слоя диоксида кремния при термическом окислении в сухом кислороде при 900 С с формированием слоя толщиной 40 нм.
2. Рассчитать время осаждения слоя нитрита титана толщиной 1 мкм при плазмохимическом распылении мишени титана в аргонно-азотной плазме.

Раздел 9-10. Примеры вопросов к контрольной работе № 5. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 10 баллов за вопрос.

Вопрос 5.1.

1. Рассчитать длительность сублимационной очистки 1 кг металлического теллура в условиях динамического вакуума 10^{-6} Торр.
2. Рассчитать время сублимационной очистки 500 г теллурида свинца в условиях динамического вакуума 10^{-6} Торр.

Вопрос 5.2.

1. Рассчитать длительность сублимационной очистки 1 кг элементарного селена в условиях динамического вакуума 10^{-6} Торр.
2. Рассчитать время сублимационной очистки 500 г теллурида олова в условиях динамического вакуума 10^{-6} Торр.

Раздел 11-12. Примеры вопросов к контрольной работе № 6. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 10 баллов за вопрос.

Вопрос 4.1.

1. Рассчитать длительность процесса синтеза кристаллов нестехиометрического селенида цинка толщиной 5 мм при насыщении селеном при температуре 1000 С.
2. Рассчитать время сублимационной очистки 5 г трис(8-оксихинолята) алюминия в условиях динамического вакуума 10^{-6} Торр.

Вопрос 4.2.

1. Рассчитать длительность процесса синтеза кристаллов нестехиометрического селенида кадмия толщиной 3 мм при насыщении селеном при температуре 900 С.
2. Рассчитать время сублимационной очистки 10 г трис(8-оксихинолята) галлия в условиях динамического вакуума 10^{-6} Торр.

8.3 Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (2 семестр – вид зачет, 3 семестр – зачет с оценкой).

Итоговый контроль по дисциплине не предусмотрен.

Максимальное количество баллов за *зачет* (2 семестр) – 100 баллов, за *зачет с оценкой* (3 семестр) – 100 баллов.

8.3.1 Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (2 семестр – зачет).

1. Оборудование и особенности технологии дисковой резки слитков кремния
2. Оборудование и особенности технологии дисковой резки слитков арсенида галлия
3. Оборудование и особенности технологии струнной резки слитков и брикетов кремния
4. Оборудование и особенности технологии струнной резки слитков арсенида галлия
5. Оборудование и особенности технологии шлифовки и полировки подложек кремния
6. Оборудование и особенности технологии шлифовки и полировки подложек арсенида галлия
7. Оборудование и особенности технологии шлифовки и полировки подложек кадмий-цинк-теллур
8. Оборудование и особенности технологии химико-механической обработки (утонения) пластин кремния
9. Оборудование и особенности технологии химико-механической обработки (утонения) пластин арсенида галлия
10. Оборудование и особенности технологии химико-механической обработки (утонения) пластин кадмий-цинк-теллур
11. Оборудование и особенности технологии групповой обработки кусков поликремния
12. Оборудование и особенности технологии жидкостной групповой обработки кремниевых пластин для солнечных элементов
13. Оборудование и особенности технологии гидромеханической очистки и сушки пластин кремния
14. Оборудование и особенности технологии гидромеханической очистки и сушки пластин арсенида галлия
15. Оборудование и технологии химического осаждения металлов на подложки кремния
16. Оборудование и технологии химического осаждения металлов на стеклянные подложки
17. Оборудование и технологии химического осаждения металлов на подложки из органических полимерных материалов
18. Оборудование и особенности технологии формирования пористого кремния
19. Оборудование и технологии удаления полимерных фоторезистов
20. Оборудование и технологии травления и мойки кремниевых труб
21. Технология и особенности оборудование для PVD процессов осаждения на стеклянные подложки
22. Технология и особенности оборудование для PVD процессов осаждения на монокристаллические подложки
23. Технология и особенности оборудование для CVD процессов осаждения на стеклянные подложки
24. Технология и особенности оборудование для CVD процессов осаждения на монокристаллические подложки
25. Технология и особенности оборудование для ALD процессов осаждения на стеклянные подложки

26. Технология и особенности оборудование для ALD процессов осаждения на монокристаллические подложки
27. Технология и особенности оборудование для жидкостной эпитаксии на подложки кремния
28. Технология и особенности оборудование для жидкостной эпитаксии на подложки арсенида галлия
29. Технология и особенности оборудование для молекулярно-лучевой эпитаксии на подложки кремния
30. Технология и особенности оборудование для молекулярно-лучевой эпитаксии на подложки арсенида галлия
31. Технология и особенности оборудование для молекулярно-лучевой эпитаксии на подложки кадмий-цинк-теллур
32. Оборудование для изготовления фотошаблонов
33. Оборудование и технологии оптической литографии
34. Оборудование и технологии электронно-лучевой литографии
35. Оборудование и технологии лазерной литографии
36. Оборудование и технологии рентгеновской литографии
37. Оборудование и технологии ионно-лучевой литографии
38. Оборудование и технологии атомно-силовой литографии

8.3.2 Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (3 семестр – зачет с оценкой).

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по разделам 7- 12 рабочей программы дисциплины и содержит 2 вопроса. 1 вопрос – 20 баллов, вопрос 2 – 20 баллов.

1. Оборудование и особенности технологии термического отжига буль арсенида галлия
2. Оборудование и особенности технологии термического окисления кремния
3. Оборудование и особенности технологии для термодиффузии примесей в кремниевые подложки
4. Оборудование и особенности технологии для термодиффузии примесей в арсенидно-галлиевые подложки
5. Оборудование и особенности технологии для термических процессов нитрирования кремниевых гетероструктур
6. Оборудование и особенности технологии для термических процессов силицирования кремниевых гетероструктур
7. Оборудование и особенности технологии для термического озонения
8. Оборудование и особенности технологии плазмохимического осаждения оксидных покрытий
9. Оборудование и особенности технологии плазмохимического осаждения нитридных покрытий
10. Оборудование и особенности технологии плазмохимического осаждения силицидных покрытий
11. Оборудование и особенности технологии плазмохимического напыления металлов
12. Оборудование и особенности технологии плазмохимического напыления алмазоподобных покрытий
13. Оборудование и особенности технологии плазмохимического травления кремниевых структур
14. Оборудование и особенности технологии плазмохимического травления арсенидно-галлиевых структур
15. Оборудование и особенности технологии контроля качества монокристаллических образцов кремния

16. Оборудование и особенности технологии контроля качества монокристаллических образцов арсенида галлия
17. Оборудование и особенности технологии контроля качества монокристаллических образцов карбида кремния
18. Оборудование и особенности технологии контроля качества пластин для эпитаксии
19. Системы дефектоскопии масок и фотошаблонов
20. Системы восстановления масок и фотошаблонов
21. Оборудование для очистки методами направленной кристаллизацией расплавов
22. Оборудование для очистки методами сублимации
23. Оборудование для очистки растворными методами
24. Оборудование для синтеза фаз неорганических соединений расплавами методами при пониженных и нормальных давлениях.
25. Оборудование для синтеза фаз неорганических соединений расплавами методами при высоких давлениях.
26. Оборудование для синтеза фаз неорганических соединений парофазными методами.
27. Оборудование для синтеза фаз неорганических соединений с контролируемым отклонением состава от стехиометрии.
28. Оборудование для синтеза и очистки фаз органических соединений с использованием растворных методов.
29. Оборудование для синтеза и очистки фаз органических соединений с использованием расплавных методов.
30. Оборудование для синтеза и очистки фаз органических соединений с использованием парофазных методов при пониженных и нормальных давлениях.
31. Оборудование для синтеза и очистки фаз органических соединений с использованием парофазных методов при повышенных давлениях.
32. Особенности оборудования для синтеза кристаллических фаз высокочистых органических соединений с контролируемым отклонением состава от стехиометрии.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4 Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (3 семестр).

Зачет с оценкой по дисциплине «Современные методы и оборудование для производства гетерофазных пленочных структур» проводится в 3 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 7-12 рабочей программы дисциплины. Билет для *зачета с оценкой* состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для *зачета с оценкой*:

«Утверждаю» Заведующий кафедрой химии и технологии кристаллов _____ <u>И.Х.Аветисов</u> (Подпись) (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии кристаллов
	18.04.01 Химическая технология «Технология функциональных материалов электроники и фотоники»
	Современное технологическое и аппаратурное оформление процессов химической технологии
Билет № 1_ 1. Оборудование и особенности технологии контроля качества монокристаллических образцов карбида кремния 2. Особенности оборудования для синтеза кристаллических фаз высокочистых органических соединений с контролируемым отклонением состава от стехиометрии.	

9 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. *Высокочистые вещества*. Коллектив авторов. М.: Научный мир, 2018. 996 с.
2. Зиновьев А.Ю., Чередниченко А.Г., Аветисов И.Х. *Технология органических электролюминесцентных устройств. Технологические процессы. Учебное пособие*. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. 64 с.
3. Родионов Ю. А. *Химические технологии в производстве микроэлектромеханических систем: учебное пособие для вузов*. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 220 с. ISBN 978-5-8114-5788-5. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/book/165810> (дата обращения: 12.04.2023).
4. Зломанов В. П., Аветисов И. Х., Можевитина Е. Н. *Физическая химия твердого тела. P–T–x диаграммы фазовых равновесий: учеб. пособие*. М.: РХТУ, 2019. 184 с.
5. Петрова О.Б., Аветисов И.Х., Степанова И.В. *Методические указания по выполнению расчетов технологических процессов в производстве материалов электроники и нанoeлектроники: учебно-методическое пособие*. М.: РХТУ, 2015. 60 с. ISBN 978-5-7237-1263-8.
6. Камлюк В. С., Камлюк Д. В. *Технологическое оборудование для микроэлектроники: учебное пособие*. Республиканский институт профессионального образования, 2014. 314 с.
7. Плетнев М.Ю. *Технология эмульсий. Гидрофильно-липофильный баланс и обращение фаз*. 3-е изд., стер., 2021. 100 с. ISBN 978-5-8114-6945-1.
8. Григорьев А. Д. *Электродинамика и микроволновая техника: учебник*. 2-е изд. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 704 с. ISBN 978-5-8114-0706-4. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/book/167679> (дата обращения: 12.04.2023).

Б. Дополнительная литература

1. Юркевич А. А., Ивахнюк Г. К., Фёдоров Н. Ф., Пименова М. А. *Технологические основы производства химических компонентов систем жизнеобеспечения*. Издательство "Лань", 2021. 368 с.
2. Парфенов О.Д. *Технология микросхем*. М.: Высш.шк., 1986. 320 с.
3. ГОСТ Р 8.694-2010. *Государственная система обеспечения единства измерений. Стандартные образцы материалов (веществ). Общие статистические принципы определения метрологических характеристик*.
4. Готтштайн Г. *Физико-химические основы материаловедения*. М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2011. 400 с.
5. Ковтуненко П.В. *Физическая химия твердого тела. Учебник для вузов*. М.: Высшая школа, 1993. 352 с.
6. Максимов А.И. *Плазмохимия неравновесных процессов*. Ивановский государственный химико-технологический университет.
7. Плетнев М.Ю. *Технология эмульсий. Гидрофильно-липофильный баланс и обращение фаз*. 3-е изд., стер., 2021. 100 с. ISBN 978-5-8114-6945-1.
8. Титова Л. М., Нугманов А. Х.-Х., Алексанян И. Ю. *Теоретические основы энергосберегающих технологий*. 2-е изд., испр., 2021. 216 с.
9. Арабов М. Ш., Арабова З. М. *Материаловедение и технология конструкционных материалов. Лабораторный практикум*. 1-е изд., 2021. 160 с. ISBN 978-5-8114-7510-0.
10. Земсков Ю.П. *Материаловедение*. 1-е изд., 2019. 188 с. ISBN 978-5-8114-3392-6.

11. Кузнецов В.В., Москвин П.П. *Межфазные взаимодействия при гетероэпитаксии полупроводниковых твердых растворов*. 1-е изд., 2019. 376 с. ISBN 978-5-8114-3809-9.
12. Под ред. Смирнов Н.Н. *Альбом типовой химической аппаратуры (принципиальные схемы аппаратов)*. 4-е изд., стер., 2019. 84 с. ISBN 978-5-8114-4122-8.
13. Веригин А.Н., Данильчук В.С., Незамаев Н.А. *Машины и аппараты переработки дисперсных материалов. Основы проектирования*. 1-е изд., 2018. 536 с. ISBN 978-5-8114-2755-0.
14. Петров Б.И., Леснов А.Е. *Современное состояние экстракционного метода*. 1-е изд., 2018. 356 с. ISBN 978-5-8114-2889-2.
15. Мокроусов Г.М., Зарубина О.Н., Бекезина Т.П. *Межфазные превращения и формирование поверхности многокомпонентных полупроводников в жидких средах*. 1-е изд., 2015. 112 с. ISBN 978-5-8114-1872-5.

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Реферативный журнал «Химия» (РЖХ), серия 19С «Химия»
- Журнал Неорганические материалы. ISSN: : 0002-337X
- Журнал Физика твердого тела. ISSN: 0367-3294
- Журнал Известия ВУЗов. Материалы электронной техники. ISSN: 1609-3577
- Journal of Solid State Chemistry. ISSN: 0022-4596.
- Physica Status Solidi A. ISSN: 1862-6300

Рекламные материалы ведущих производителей оборудования для технологий материалов и изделий электронной техники.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.portalnano.ru/> - Нанотехнологии и наноматериалы. Федеральный интернет-портал
- <http://www.nsknano.ru/> - Новосибирские Наноматериалы
- www.14000.ru - Информационный сайт по системам экологического менеджмента
- www.centerprioritet.ru – СМЦ «Приоритет». Техническая документация исследований
- <http://www.nanometer.ru/> - "Нанометр". Нанотехнологическое сообщество
- <http://plasma.karelia.ru/pub/nano-kurs/> - «Нано Технологии»
- <http://www.nanonewsnet.ru/> - Нанотехнологии Nano news net
- <http://nano-portal.ru/> - Нано Портал. Нанотехнологии России
- <http://www.scirp.org/journal/Index.aspx> - Scientific research. Open Access
- <http://www.superhimik.com/forum.htm> - Золотые купола химии
- <http://www.intechopen.com/> - In Tech. Open Science
- <http://bookfi.org/g/> - BookFinder. Электронная библиотека рунета
- http://www.twirpx.com/files/chidnustry/chemistry_tech/silicate/ - Технология силикатных материалов
- www.sciyo.com - Sciyo. Free Scientific Books
- <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека

- <http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России
- <http://lib.msu.su> - Научная библиотека МГУ
- <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных материалов
- <http://abc-chemistry.org/ru/> - ABC-Chemistry. Научная химическая информация
- <http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - Сайт ФИПС. Информация о патентах
- <http://findebookee.com/> - Поисковая система по книгам
- <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

(При необходимости)

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 64, (общее число слайдов – 1224);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 40);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 40).

10 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Современное технологическое и аппаратное оформление процессов химической технологии»* проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1 Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с выходом в Интернет и доступом к базам данных.

11.2 Учебно-наглядные пособия:

Комплекты плакатов к разделам лекционного дисциплины.

11.3 Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4 Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

11.5 Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

12 ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Оборудование и технологии резки кристаллов	Знает: - Оборудование и технологии резки кристаллов и обработки подложек Умеет: - Формулировать требования к технологическому оборудованию для получения гетерофазных пленочных структур для приборов электроники. - Осуществлять выбор методов и оборудования для производства гетерофазных пленочных структур для приборов электроники. Составлять компоненты технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEMI). Владеет: - Информацией по методам контроля параметров пленочных структур	Оценка за контрольную работу №1 (1 семестр) Оценка за <i>зачет</i> (2 семестр)
Раздел 2. Оборудование и технологии обработки подложек	Знает: - Оборудование и технологии резки кристаллов и обработки подложек. Умеет: - Формулировать требования к технологическому оборудованию для получения гетерофазных пленочных структур для приборов электроники. - Осуществлять выбор методов и оборудования для производства гетерофазных пленочных структур для приборов электроники. Составлять компоненты технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEMI). Владеет: - Информацией по методам контроля параметров пленочных структур	Оценка за контрольную работу №1 (2 семестр) Оценка за <i>зачет</i> (2 семестр)

Раздел 3. Оборудование для жидкостной химической обработки	Знает: - Оборудования для жидкостной химической обработки. Умеет: - Формулировать требования к технологическому оборудованию для получения гетерофазных пленочных структур для приборов электроники. - Осуществлять выбор методов и оборудования для производства гетерофазных пленочных структур для приборов электроники. Составлять компоненты технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEMI). Владеет: - Информацией о современных и перспективных методах получения пленок для различных приборов электроники.	Оценка за контрольную работу №2 (2 семестр) Оценка за <i>зачет</i> (2 семестр)
Раздел 4. Оборудование для парофазной обработки	Знает: - Оборудование для процессов PVD, CVD, ALD. Умеет: - Формулировать требования к технологическому оборудованию для получения гетерофазных пленочных структур для приборов электроники. - Осуществлять выбор методов и оборудования для производства гетерофазных пленочных структур для приборов электроники. Составлять компоненты технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEMI). Владеет: - Информацией о современных и перспективных методах получения пленок для различных приборов электроники.	Оценка за контрольную работу №2 (2 семестр) Оценка за <i>зачет</i> (2 семестр)

Раздел 5. Оборудование и технологии для эпитаксии	Знает: - Оборудование и технологии для эпитаксии. Умеет: - Формулировать требования к технологическому оборудованию для получения гетерофазных пленочных структур для приборов электроники. - Осуществлять выбор методов и оборудования для производства гетерофазных пленочных структур для приборов электроники. Составлять компоненты технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEMI). Владеет: - Информацией о современных и перспективных методах получения пленок для различных приборов электроники.	Оценка за контрольную работу №3 (2 семестр) Оценка за <i>зачет</i> (2 семестр)
Раздел 6. Оборудование и технологии литографии	Знает: - Оборудование и технологии различных видов литографии. Умеет: - Формулировать требования к технологическому оборудованию для получения гетерофазных пленочных структур для приборов электроники. - Осуществлять выбор методов и оборудования для производства гетерофазных пленочных структур для приборов электроники. Составлять компоненты технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEMI). Владеет: - Информацией о современных и перспективных методах получения пленок для различных приборов электроники.	Оценка за контрольную работу №3 (2 семестр) Оценка за <i>зачет</i> (2 семестр)

Раздел 7. Оборудование и технологии термической обработки	Знает: - Оборудование и технологии термической обработки для проведения процессов отжига, окисления и диффузии. Умеет: - Формулировать требования к технологическому оборудованию для получения гетерофазных пленочных структур для приборов электроники. - Осуществлять выбор методов и оборудования для производства гетерофазных пленочных структур для приборов электроники. Составлять компоненты технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEMI). Владеет: - Информацией о современных и перспективных методах получения пленок для различных приборов электроники.	Оценка за контрольную работу №4 (3 семестр) Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (3 семестр)
Раздел 8. Оборудование и технологии плазмохимической обработки	Знает: - Оборудование и технологии плазмохимической обработки. Умеет: - Формулировать требования к технологическому оборудованию для получения гетерофазных пленочных структур для приборов электроники. - Осуществлять выбор методов и оборудования для производства гетерофазных пленочных структур для приборов электроники. Составлять компоненты технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEMI). Владеет: - Информацией о современных и перспективных методах получения пленок для различных приборов электроники.	Оценка за контрольную работу №4 (3 семестр) Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (3 семестр)

Раздел 9. Измерительное оборудование для контроля параметров материалов	Знает: - Измерительное оборудование для контроля параметров монокристаллических и вспомогательных материалов. Умеет: - Формулировать требования к технологическому оборудованию для получения гетерофазных пленочных структур для приборов электроники. - Составлять компоненты технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEMI). Владеет: - Информацией по методам контроля параметров пленочных структур	Оценка за контрольную работу №5 (3 семестр) Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (3 семестр)
Раздел 10. Оборудование для получения высокочистых элементарных веществ	Знает: - Оборудование для получения высокочистых элементарных веществ, веществ на основе неорганических и органических соединений. Умеет: - Формулировать требования к технологическому оборудованию для получения гетерофазных пленочных структур для приборов электроники. - Составлять компоненты технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEMI). Владеет: - Информацией о современных и перспективных методах получения пленок для различных приборов электроники.	Оценка за контрольную работу №5 (3 семестр) Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (3 семестр)
Раздел 11. Оборудование для синтеза высокочистых веществ на основе неорганических соединений	Знает: - Оборудование для получения высокочистых элементарных веществ, веществ на основе неорганических и органических соединений. Умеет: - Формулировать требования к технологическому оборудованию для получения гетерофазных пленочных структур для приборов электроники. - Составлять компоненты технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEMI).	Оценка за контрольную работу №6 (3 семестр) Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (3 семестр)

	Владеет: - Информацией о современных и перспективных методах получения пленок для различных приборов электроники.	
Раздел 12. Оборудование для синтеза высокочистых веществ на основе органических соединений	Знает: - Оборудование для получения высокочистых элементарных веществ, веществ на основе неорганических и органических соединений. Умеет: - Формулировать требования к технологическому оборудованию для получения гетерофазных пленочных структур для приборов электроники. - Составлять компоненты технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEMI). Владеет: - Информацией о современных и перспективных методах получения пленок для различных приборов электроники.	Оценка за контрольную работу №6 (3 семестр) Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (3 семестр)

13 ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);
- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;
- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ
«Современные методы и оборудование для производства гетерофазных пленочных структур»

основной образовательной программы

18.04.01 Химическая технология

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Технология функциональных материалов электроники и фотоники»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Современные методы и оборудование для производства монокристаллов
для фотоники и электроники»**

**Направление подготовки
18.04.01 Химическая технология**

**Магистерская программа
«Технология функциональных материалов электроники и фотоники»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена:

К.т.н., доцентом кафедры химии и технологии кристаллов, К.А.Субботиным

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И. Менделеева

(Наименование кафедры)

«23» мая 2025 г., протокол № 13.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология (ФГОС ВО), накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 2 семестров.

Дисциплина «Современные методы и оборудование для производства монокристаллов для фотоники и электроники» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин по выбору учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области технологий выращивания монокристаллов, в частности – монокристаллов для фотоники и электроники.

Цель дисциплины состоит в углублении студентами магистратуры знаний, умений, владений и формировании компетенции в области проектирования и применения оборудования для выращивания и обработки монокристаллов в качестве основы технологий электроники, вакуумно-газовой техники в педагогической и научно-исследовательской деятельности.

Задачи дисциплины:

- формирование у студентов магистратуры системных углубленных знаний и навыков в области проектирования оборудования для выращивания монокристаллов;
- формирование у студентов магистратуры системных углубленных знаний и навыков в области специфики применения различного вида оборудования в технологиях выращивания монокристаллов;
- формирование у студентов магистратуры системных углубленных знаний и навыков в области обработки монокристаллов.

Дисциплина «Современные методы и оборудование для производства монокристаллов для фотоники и электроники» преподается в 2 и 3 семестрах. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-1 Способен формулировать задачи в области химической технологии для самостоятельной и коллективной научно-исследовательской работы, разрабатывать планы их реализации и задания для исполнителей	ПК-1.1 Знает принципы планирования научной работы коллектива исполнителей исходя из целей, задач и ресурсов проведения НИОКР	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт 29.002 «Специалист технического обеспечения технологических процессов производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г.
			ПК-1.2 Умеет выбирать методы и средства проведения исследований и разработок	
			ПК-1.3 Владеет приемами оценки материальных, кадровых и временных ресурсов, потребных для научного исследования	

				N 598н Обобщенная трудовая функция Ф. Координация работ по технической подготовке и сопровождению производства приборов квантовой электроники и фотоники на базе нанотехнологий. F/02.7 Разработка требований к уровню технической подготовки производства и контрольных показателей для его оценки (уровень квалификации – 7).
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и	ПК-5 Способен осуществлять комплексный анализ научных основ технологии новых материалов и изделий электроники и нанoeлектроники	ПК-5.1 Знает современные требования к функциональным характеристиками материалов и изделий электроники и нанoeлектроники ПК-5.2 Умеет модифицировать имеющиеся материалы для нужд создания новых изделий электроники и нанoeлектроники - ПК-5.3 Владеет способами измерения функциональных характеристик материалов и изделий электроники и нанoeлектроники	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт 29.002 «Специалист технического обеспечения технологических процессов

	химико-технологического производства).			производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. N 598н Обобщенная трудовая функция Е. Координация работ по технической подготовке и сопровождению производства приборов квантовой электроники и фотоники на базе нанотехнологий. Е/02.7 Разработка требований к уровню технической подготовки производства и контрольных показателей для его оценки (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.037 «Специалист по разработке технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н

				(ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция Е. Разработка концепции технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов(Е/03.7 Разработка технологической концепции производства нового прибора (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.039 «Специалист в области разработки полупроводниковых лазеров», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция С/03.7. Научно-техническое сопровождение изготовления опытной партии разработанной новой модели полупроводникового лазера (уровень квалификации – 7).

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- методы оценки уровня техники и совершенства установок для выращивания монокристаллов;
- классификацию, устройство и технические характеристики контейнеров для выращивания монокристаллов различными методами;
- виды контейнерных материалов для выращивания монокристаллов, их свойства и характеристики;
- классификацию, устройство, характеристики и методы расчета нагревателей для процессов роста кристаллов;
- виды материалов нагревателей для выращивания монокристаллов, их свойства и характеристики;
- виды датчиков процессов роста монокристаллов, их устройства, принцип работы и характеристики;
- виды дозаторов кристаллизующего вещества, их устройство, принцип действия и характеристики;
- принципы герметизации рабочих объемов установок для выращивания монокристаллов, виды уплотнений, их устройство и характеристики;
- виды, устройство и характеристики системы питания нагревателей, вакуумно-газовой системы, системы охлаждения, климатической системы, электрической системы и системы управления;
- методы обработки монокристаллов и виды оборудования, применяемого для этих процессов;

Уметь:

- осуществлять выбор конкретных видов оборудования для выращивания монокристаллов;
- осуществлять выбор конкретного оборудования для механической обработки монокристаллов;
- разрабатывать технические задания на проектирование оборудования для выращивания монокристаллов с повышенным уровнем техники и совершенства;
- разрабатывать технические задания на проектирование оборудования для механической обработки монокристаллов с повышенным уровнем техники и совершенства;
- осуществлять конструкторские расчеты характеристик нагревателей сопротивления, индукционных и газопламенных нагревателей;

Владеть:

- практическими навыками по сборке и наладке тепловых узлов установок для выращивания монокристаллов;
- практическими навыками диагностики работы системы питания нагревателей вакуумно-газовой системы, системы охлаждения и кинематической системы;

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего		Семестр			
			2 семестр		3 семестр	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5	180	2	72	3	108

Контактная работа – аудиторные занятия:	3	102	1.5	51	1.5	51
в том числе в форме практической подготовки	0,5	12	0,25	6	0,25	6
Лекции	1	34	0.5	17	05	17
Практические занятия (ПЗ)	2	68	1	34	1	34
в том числе в форме практической подготовки	0,5	12	0,25	6	0,25	6
Самостоятельная работа	2	78	0,5	21	1,5	57
Контактная самостоятельная работа	2	0,6	0,5	0,2	1,5	0.4
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		77,4		20,8		56,6
Виды контроля:						
Зачет			+			
Зач. с оценкой						+
Вид итогового контроля:			Зачет		Зач. с оценкой	

Вид учебной работы	Всего		Семестр			
			2 семестр		3 семестр	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр . ч.	ЗЕ	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5	135	2	54	3	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	3	76.5	1.5	38.3	1.5	38.2
в том числе в форме практической подготовки	0,5	9	0,25	4.5	0,25	4.5
Лекции	1	25.5	0.5	12.8	05	12.7
Практические занятия (ПЗ)	2	51	1	25.5	1	25.5
в том числе в форме практической подготовки	0,5	9	0,25	4.5	0,25	4.5
Самостоятельная работа	2	58.5	0,5	15.8	1,5	42.7
Контактная самостоятельная работа	2	0,4	0,5	0,15	1,5	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		58,1		15,6 5		42,4
Виды контроля:						
Зачет			+			
Зач. с оценкой						+
Вид итогового контроля:			Зачет		Зач. с оценкой	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Всего	Лекции	Прак. зан.	В т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
1.	Раздел 1. Уровень техники и совершенство установок для выращивания монокристаллов. Состав и структура исполнительной системы.	8	2	2		4
1.1	Понятие «уровня техники».	4	1	1		2
1.2	Понятие «совершенства установки».	4	1	1		2
2.	Раздел 2. Обслуживающие компоненты в исполнительной системе.	105	21	38	6	46
2.1	Состав и структура исполнительной системы установок для выращивания монокристаллов.	4	1	1		2
2.2	Классификация контейнеров.	4	1	1		2
2.3	Общие технические требования к материалам контейнеров	4	1	1		2
2.4	Стойкость контейнерных материалов к различным видам газовых сред.	4	1	1		2
2.5	Платиновая группа металлов в качестве контейнерного материала.	5	1	2		2
2.6	Контейнерные материалы на основе жаропрочных сталей и сплавов.	5	1	2		2
2.7	Молибден и вольфрам в качестве контейнерных материалов.	5	1	2		2
2.8	Керамические оксидные материалы контейнеров.	5	1	2		2
2.9	Стекла в качестве контейнерных материалов.	5	1	2		2
2.10	Керамические неоксидные материалы контейнеров.	5	1	2		2
2.11	Полимерные контейнерные материалы.	5	1	2		2
2.12	Виды нагревателей, используемых для выращивания монокристаллов.	5	1	2		2

2.13	Технические требования к материалам нагревателей и их виды.	5	1	2		2
2.14	Основные виды датчиков.	7	1	2		4
2.15	Виды дозаторов кристаллизуемого вещества.	7	1	2		4
2.16	Принципы герметизации.	5	1	2		2
2.17	Ножевые уплотнения.	5	1	2		2
2.18	Самоуплотняющиеся затворы.	5	1	2		2
2.19	Конструкции уплотнений токовводов.	5	1	2		2
2.20	Уплотнения для подвижных контактов.	5	1	2		2
2.21	Герметизация окон кристаллизационной камеры.	5	1	2		2
3.	Раздел 3. Обслуживающие системы установок для выращивания монокристаллов	57	9	24	6	24
3.1	Системы питания газопламенных нагревателей.	4,75	0,75	2		2
3.2	Системы питания короткозамкнутых нагревателей сопротивления.	4,75	0,75	2		2
3.3	Системы питания высокоомных нагревателей сопротивления.	4,75	0,75	2		.2
3.4	Системы питания индукционных нагревателей.	4,75	0,75	2		2
3.5	Системы питания дуговых плазменных нагревателей.	4,75	0,75	2		2
3.6	Системы питания катодных (электронно-лучевых) нагревателей.	4,75	0,75	2		2
3.7	Состав и исходное проектирование вакуумно-газовой системы.	4,75	0,75	2		2
3.8	Открытая система охлаждения.	4,75	0,75	2		2
3.9	Замкнутая система охлаждения.	4,75	0,75	2		2
3.10	Виды кинематических систем и их исходное проектирование.	4,75	0,75	2		2
3.11	Виды электрических систем.	4,75	0,75	2		2
3.12	Исходное проектирование систем управления.	4,75	0,75	2		2
4.	Раздел 4. Механическая обработка монокристаллов	10	2	4		4
4.1	Технология раскроя монокристаллов.	5	1	2		2
4.2	Технология шлифовки и полировки монокристаллов.	5	1	2		2
	ИТОГО	180	34	68	12	78

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Уровень техники и совершенство установок для выращивания монокристаллов. Состав и структура исполнительной системы.

- 1.1. Понятие «уровня техники».
- 1.2. Понятие «совершенства установки».

Раздел 2. Обслуживающие компоненты в исполнительной системе.

- 2.1. Состав и структура исполнительной системы установок для выращивания монокристаллов.
- 2.2. Классификация контейнеров.
- 2.3. Общие технические требования к материалам контейнеров
- 2.4. Стойкость контейнерных материалов к различным видам газовых сред.
- 2.5. Платиновая группа металлов в качестве контейнерного материала.
- 2.6. Контейнерные материалы на основе жаропрочных сталей и сплавов.
- 2.7. Молибден и вольфрам в качестве контейнерных материалов.
- 2.8. Керамические оксидные материалы контейнеров.
- 2.9. Стекла в качестве контейнерных материалов.
- 2.10. Керамические неоксидные материалы контейнеров.
- 2.11. Полимерные контейнерные материалы.
- 2.12. Виды нагревателей, используемых для выращивания монокристаллов.
- 2.13. Технические требования к материалам нагревателей и их виды.
- 2.14. Основные виды датчиков.
- 2.15. Виды дозаторов кристаллизуемого вещества.
- 2.16. Принципы герметизации.
- 2.17. Ножевые уплотнения.
- 2.18. Самоуплотняющиеся затворы.
- 2.19. Конструкции уплотнений токовводов.
- 2.20. Уплотнения для подвижных контактов.
- 2.21. Герметизация окон кристаллизационной камеры.

Раздел 3. Обслуживающие системы установок для выращивания монокристаллов

- 3.1. Системы питания газопламенных нагревателей.
- 3.2. Системы питания короткозамкнутых нагревателей сопротивления.
- 3.3. Системы питания высокоомных нагревателей сопротивления.
- 3.4. Системы питания индукционных нагревателей.
- 3.5. Системы питания дуговых плазменных нагревателей.
- 3.6. Системы питания катодных (электронно-лучевых) нагревателей.
- 3.7. Состав и исходное проектирование вакуумно-газовой системы.
- 3.8. Открытая система охлаждения.
- 3.9. Замкнутая система охлаждения.
- 3.10. Виды кинематических систем и их исходное проектирование.
- 3.11. Виды электрических систем.
- 3.12. Исходное проектирование систем управления.

Раздел 4. Механическая обработка монокристаллов

- 4.1. Технология раскрытия монокристаллов.
- 4.2. Технология шлифовки и полировки монокристаллов.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать:				
1	– методы оценки уровня техники и совершенства установок для выращивания монокристаллов	+	+	+	+
2	– классификацию, устройство и технические характеристики контейнеров для выращивания монокристаллов различными методами	+			
3	– виды контейнерных материалов для выращивания монокристаллов, их свойства и характеристики	+			
4	– классификацию, устройство, характеристики и методы расчета нагревателей для процессов роста кристаллов	+			
5	– виды материалов нагревателей для выращивания монокристаллов, их свойства и характеристики	+			
6	– виды датчиков процессов роста монокристаллов, их устройства, принцип работы и характеристики		+		
7	– виды дозаторов кристаллизуемого вещества, их устройство, принцип действия и характеристики		+		
8	– принципы герметизации рабочих объемов установок для выращивания монокристаллов, виды уплотнений, их устройство и характеристики		+		
9	– виды, устройство и характеристики системы питания нагревателей, вакуумно-газовой системы, системы охлаждения, климатической системы, электрической системы и системы управления			+	
10	– методы обработки монокристаллов и виды оборудования, применяемого для этих процессов				+
	Уметь:				
1	– осуществлять выбор конкретных видов оборудования для выращивания монокристаллов	+	+	+	+
2	– осуществлять выбор конкретного оборудования для механической обработки монокристаллов				+
3	– разрабатывать технические задания на проектирование оборудования для выращивания монокристаллов с повышенным уровнем техники и совершенства	+	+	+	+

4	– разрабатывать технические задания на проектирование оборудования для механической обработки монокристаллов с повышенными уровнем техники и совершенства				+
5	– осуществлять конструкторские расчеты характеристик нагревателей сопротивления, индукционных и газопламенных нагревателей		+		
Владеть:					
1	– практическими навыками по сборке и наладке тепловых узлов установок для выращивания монокристаллов		+		
2	– практическими навыками диагностики работы системы питания нагревателей вакуумно-газовой системы, системы охлаждения и кинематической системы			+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
1	ПК-1 Способен формулировать задачи в области химической технологии для самостоятельной и коллективной научно-исследовательской работы, разрабатывать планы их реализации и задания для исполнителей	ПК-1.1 Знает принципы планирования научной работы коллектива исполнителей исходя из целей, задач и ресурсов проведения НИОКР ПК-1.2 Умеет выбирать методы и средства проведения исследований и разработок ПК-1.3 Владеет приемами оценки материальных, кадровых и временных ресурсов, потребных для научного исследования	+	+	+
2	ПК-5 Способен осуществлять комплексный анализ научных основ технологии новых материалов и изделий электроники и нанoeлектроники	ПК-5.1 Знает современные требования к функциональным характеристиками материалов и изделий электроники и нанoeлектроники ПК-5.2 Умеет модифицировать имеющиеся материалы для нужд создания новых изделий электроники и нанoeлектроники - ПК-5.3 Владеет способами измерения функциональных характеристик материалов и изделий электроники и нанoeлектроники	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Примеры матриц связи систем установок для выращивания монокристаллов методом Чохральского и Киропулуса	0.5
2		Пути повышения совершенства установок для выращивания монокристаллов	0.5
3		Составление технических требований на контейнеры для выращивания монокристаллов различными методами и способами по заданию преподавателя	0.5
4		Выбор контейнерных материалов для различных методов и способов выращивания монокристаллов по заданию преподавателя	0.5
5	2	Конструкторский расчет газопламенных нагревателей с теплоизолирующими устройствами	4
6		Конструкторский расчет индукционных нагревателей с теплоизолирующими устройствами	4
7		Конструкторский расчет дуговых (плазменных) нагревателей с теплоизолирующими устройствами	3
8	3	Конструкторский расчет и выбор высоковакуумных систем	8
9		Конструкторский расчет и выбор форвакуумных систем	8
10		Конструирование систем управления установок для выращивания монокристаллов по техническому заданию преподавателя	8
11	4	Проектирования раскроя кристалла по техническому заданию преподавателя	4

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума по дисциплине *«Современные методы оборудование для производства монокристаллов для фотоники и электроники»* не предусмотрено.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала и подготовку к выполнению контрольных работ по разделам дисциплины;

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы и работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;

- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к сдаче зачета (2 семестр) и зачета с оценкой (3 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 50 баллов, 30 и 30 баллов соответственно) и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Реферативно-аналитическая работа по дисциплине не предусмотрена.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 4 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы 1 и 2 (2 семестр) составляет 50 баллов за каждую. Максимальная оценка за контрольные работы 3 и 4 (3 семестр) составляет 60 баллов, по 30 баллов за каждую работу:

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 1 вопрос, по 50 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1.

1. Деление устройства аппарата для выращивания монокристаллов на семь систем. Матрица связей между системами. Понятие уровня техники. Оценка уровня техники установок для выращивания монокристаллов.
2. Примеры оценок уровня техники установок для выращивания монокристаллов методом Вернейля в современном исполнении.
3. Примеры оценок уровня техники установок для выращивания монокристаллов методом Чохральского в современном исполнении.
4. Примеры оценок уровня техники установок для выращивания монокристаллов методом Киропулуса в современном исполнении.

Вопрос 1.2.

1. Понятие «совершенства установки». Оценка совершенства установки путем определения ее надежности. Вывод выражения определяющего зависимость вероятности сохранения работоспособности установки от средней вероятности сохранения работоспособности ее деталей, узлов и блоков, а также от числа деталей, узлов и блоков и продолжительности рабочего цикла технологической эксплуатации установки.
2. Пути повышения совершенства установок для выращивания монокристаллов.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 1 вопрос, по 50 баллов за вопрос.

Вопрос 2.1.

1. Состав и структура исполнительной системы установок для выращивания монокристаллов.

Вопрос 2.2.

1. Классификация контейнеров. Виды контейнеров для выращивания монокристаллов из расплавов; их конструкции, методы очистки, способы извлечения монокристаллов и слитков из них.

2. Назначение конуса расширения в контейнерах для выращивания монокристаллов методом Бриджмена.

3. Протяженность посадочного места для затравочного кристалла при выращивании монокристаллов методом Бриджмена.

4. Конструкции контейнеров для выращивания монокристаллов из растворов в расплаве методом понижения температуры, методом испарения растворителя и методом температурного перепада.

5. Конструкции контейнеров для выращивания монокристаллов гидротермальным методом.

6. Принципы герметизации. Ножевые уплотнения. Самоуплотняющиеся затворы. Особенности применения эластомеров для герметизации контейнеров.

7. Конструкции контейнеров для выращивания монокристаллов в низкотемпературных растворах; особенности герметизации контейнеров.

8. Конструкции контейнеров для выращивания монокристаллов в газовой фазе. Контейнеры для выращивания монокристаллов карбида кремния в газовой фазе.

Вопрос 2.3.

1. Общие технические требования к материалам контейнеров.

Вопрос 2.4.

1. Стойкость контейнерных материалов к различным видам газовых сред. Сублимация контейнерного материала и пути ее подавления.

Вопрос 2.5.

1. Платиновая группа металлов в качестве контейнерного материала. Маркировка и характеристики контейнерных материалов на основе жаропрочных сталей и сплавов.

Вопрос 2.6.

1. Контейнерные материалы на основе жаропрочных сталей и сплавов. Номенклатура жаропрочных сталей и сплавов. Их характеристики.

Вопрос 2.7.

1. Молибден и вольфрам в качестве контейнерных материалов. Их характеристики. Вольфрам-молибденовые сплавы.

Вопрос 2.8.

1. Корундовая, алундовая и вернейлевская керамики. Их характеристики.

2. Керамика на основе диоксида циркония как контейнерный материал. Его характеристики.

3. Керамика на основе оксида магния в качестве контейнерного материала. Его характеристики.

Вопрос 2.9.

1. Кварцевые стекла как контейнерные материалы. Их характеристики.
2. Лабораторное и термостойкое стекла в качестве контейнерных материалов. Их характеристики.

Вопрос 2.10.

1. Графит и ковалентные нитриды в качестве контейнерных материалов. Их характеристики.

Вопрос 2.11.

1. Фторопласты в качестве контейнерных материалов. Их характеристики.
2. Органические стекла в качестве контейнерных материалов. Их характеристики.

Вопрос 2.12.

1. Виды нагревателей, используемых для выращивания монокристаллов. Их устройство и конкретное назначение.

2. Нагреватели сопротивления. Короткозамкнутые и высокоомные нагреватели. Их преимущества и недостатки. Конструкции короткозамкнутых и высокоомных нагревателей сопротивления. Особенности нагревателей сопротивления на основе материалов с полупроводниковой или ионной проводимостью.

3. Конструкторский расчеты нагревателей сопротивления с теплоизолирующими устройствами. Виды теплоизолирующих устройств. Виды теплоизолирующих материалов и их характеристики.

4. Конструкции газопламенных нагревателей. Конструкторский расчет газопламенных нагревателей с теплоизолирующими устройствами.

5. Индукционные нагреватели. Конструкции индукционных нагревателей. Конструкторский расчет индукционных нагревателей с теплоизолирующими устройствами.

6. Конденсаторные нагреватели. Конструкции конденсаторных нагревателей. Конструкторский расчет конденсаторных нагревателей с теплоизолирующими устройствами.

7. Дуговые (плазменные) нагреватели. Конструкции дуговых (плазменных) нагревателей. Конструкторский расчет дуговых (плазменных) нагревателей с теплоизолирующими устройствами.

8. Радиационные нагреватели. Конструкции радиационных нагревателей. Конструкторский расчет радиационных нагревателей с теплоизолирующими устройствами.

9. Катодные (электронно-лучевые) нагреватели. Конструкции катодных (электронно-лучевых) нагревателей. Конструкторский расчет катодных (электронно-лучевых) нагревателей с теплоизолирующими устройствами.

Вопрос 2.13.

1. Общие технические требования, предъявляемые к материалам нагревателей.
2. Материалы платиновой группы для нагревателей сопротивления. Их характеристики.
3. Жаропрочные стали и сплавы для нагревателей сопротивления. Их характеристики.
4. Молибден и вольфрам для нагревателей сопротивления. Их характеристики.
5. Графит для нагревателей сопротивления. Их характеристики.
6. Силициды для нагревателей сопротивления. Их характеристики.
7. Хромированный лантан и диоксид циркония для нагревателей сопротивления. Их характеристики.

Вопрос 2.14.

1. Основные виды датчиков, используемых для контроля процессов роста кристаллов.
2. Виды термопар и их характеристики.
3. Терморезистивные датчики и температуры. Их виды и характеристики.
4. Пирометры. Их виды и характеристики.
5. Датчики низкого вакуума. Их устройство и характеристики.
6. Датчики высокого вакуума. Их устройство и характеристики.
7. Датчики веса. Их устройство и характеристики.
8. Датчики уровня жидкости. Их устройство и характеристики.
9. Датчики скорости вращения и перемещения. Их устройство и характеристики

Вопрос 2.15.

1. Мембранные дозаторы для установок Вернейля.
2. Маятниковые дозаторы для выращивания монокристаллов гибридным методом.

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Контрольная работа содержит 1 вопрос, по 30 баллов за вопрос.**Вопрос 2.16.**

1. Основной принцип уплотнения сопрягаемых деталей. Пути создания когерентной шероховатости.

Вопрос 2.17.

1. Ножевые уплотнения аппаратов высокого давления.

Вопрос 2.18.

1. Самоуплотняющиеся затворы аппаратов высокого давления.

Вопрос 2.19.

1. Конструкции уплотнений токовводов для высоких и низких уровней электрического тока.

Вопрос 2.20.

1. Уплотнения для подвижных и перемещаемых контактов. Уплотнение Вильсона. Плавающие уплотнения.

Вопрос 2.21.

1. Герметизация окон кристаллизационной камеры. Герметизация пайкой

Вопрос 3.1.

1. Система питания газопламенного нагревателя: технические требования, предъявляемые к этой системе и их устройство.

Вопрос 3.2.

1. Системы питания короткозамкнутых нагревателей сопротивления: технические требования, предъявляемые к этим системам и их устройство.

Вопрос 3.3.

1. Системы питания высокоомных нагревателей сопротивления: технические требования, предъявляемые к этим системам и их устройство.

Вопрос 3.4.

1. Системы питания индукционных нагревателей сопротивления: технические требования, предъявляемые к этим системам и их устройство.

Вопрос 3.5.

1. Системы питания дуговых (плазменных) нагревателей сопротивления: технические требования, предъявляемые к этим системам и их устройство.

Вопрос 3.6.

1. Системы питания катодных (электронно-лучевых) нагревателей сопротивления: технические требования, предъявляемые к этим системам и их устройство

Вопрос 3.7.

1. Конструкторский расчет и выбор форвакуумных систем. Конструкторский расчет и выбор высоковакуумных систем.

2. Системы подачи технологических газов. Квалификационные требования к технологическим газам. Хранение сжиженных газов. Хранение сжатых газов. Генераторы технологических газов. Нормативы газобаллонного хозяйства.

Вопрос 3.8.

1. Открытая система охлаждения: схема; достоинства и недостатки.

Вопрос 3.9.

1. Замкнутая система охлаждения: схема; достоинства и недостатки.

2. Градирни: виды, характеристики и устройство. Термостаты: виды, выбор, характеристики.

Вопрос 3.10.

1. Блок-схема кинематической системы для выращивания монокристаллов с применением двигателя постоянного тока.

2. Блок-схема кинематической системы для выращивания монокристаллов с применением синхронных двигателей переменного тока.

3. Блок-схема кинематической системы для выращивания монокристаллов с применением шагового двигателя.

4. Устройство механического редуктора вращения. Виды и устройство преобразователей движения. Гидравлические системы перемещения.

Вопрос 3.11.

1. Виды электрических систем. Блок-схема силовой электрической системы.

Вопрос 3.12.

1. Принципы конструирования систем управления. Структура пульта управления установок для выращивания монокристаллов. Особенности структуры пульта управления синхронизированных установок для выращивания монокристаллов.

Раздел 4. Примеры вопросов к контрольной работе № 4. Контрольная работа содержит 1 вопрос, по 30 баллов за вопрос.

Вопрос 4.1.

1. Виды механической обработки монокристаллов. Технологии раскроя кристаллов и оборудование для их осуществления.

Вопрос 4.2.

1. Технологии шлифовки и полировки кристаллов и оборудование для их осуществления.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (2 семестр – зачет, 3 семестр – зачет с оценкой).

Максимальное количество баллов за зачет (2 семестр) – 100 баллов, за зачет с оценкой (3 семестр) – 40 баллов.

8.3.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (2 семестр – зачет).

Итоговый контроль по дисциплине не предусмотрен.

8.3.2 Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (3 семестр – зачет с оценкой).

Билет для зачета с оценкой включает контрольные вопросы по разделам 3 и 4 рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса. 1 вопрос – 14 баллов, вопрос 2 – 13 баллов, вопрос 3 – 13 баллов.

1. Основной принцип уплотнения сопрягаемых деталей. Пути создания когерентной шероховатости.
2. Ножевые уплотнения аппаратов высокого давления. Самоуплотняющиеся затворы аппаратов высокого давления.
3. Конструкции уплотнений токовводов для высоких и низких уровней электрического тока.
4. Уплотнения для подвижных и перемещаемых контактов. Уплотнение Вильсона. Плавающие уплотнения.
5. Герметизация окон кристаллизационной камеры. Герметизация пайкой.
6. Система питания газопламенного нагревателя: технические требования, предъявляемые к этой системе и их устройство.
7. Системы питания короткозамкнутых нагревателей сопротивления: технические требования, предъявляемые к этим системам и их устройство.
8. Системы питания высокоомных нагревателей сопротивления: технические требования, предъявляемые к этим системам и их устройство.
9. Системы питания индукционных нагревателей сопротивления: технические требования, предъявляемые к этим системам и их устройство.
10. Системы питания дуговых (плазменных) нагревателей сопротивления: технические требования, предъявляемые к этим системам и их устройство.
11. Системы питания катодных (электронно-лучевых) нагревателей сопротивления: технические требования, предъявляемые к этим системам и их устройство.
12. Конструкторский расчет и выбор форвакуумных систем. Конструкторский расчет и выбор высоковакуумных систем.
13. Системы подачи технологических газов. Квалификационные требования к технологическим газам. Хранение сжиженных газов. Хранение сжатых газов. Генераторы технологических газов. Нормативы газобаллонного хозяйства.
14. Открытая система охлаждения: схема; достоинства и недостатки.
15. Замкнутая система охлаждения: схема; достоинства и недостатки.
16. Градири: виды, характеристики и устройство. Термостаты: виды, выбор, характеристики.

17. Блок-схема кинематической системы для выращивания монокристаллов с применением двигателя постоянного тока.
18. Блок-схема кинематической системы для выращивания монокристаллов с применением синхронных двигателей переменного тока.
19. Блок-схема кинематической системы для выращивания монокристаллов с применением шагового двигателя.
20. Устройство механического редуктора вращения. Виды и устройство преобразователей движения. Гидравлические системы перемещения.
21. Виды электрических систем. Блок-схема силовой электрической системы.
22. Принципы конструирования систем управления. Структура пульта управления установок для выращивания монокристаллов. Особенности структуры пульта управления синхронизированных установок для выращивания монокристаллов.
23. Виды механической обработки монокристаллов. Технологии раскроя кристаллов и оборудование для их осуществления.
24. Технологии шлифовки и полировки кристаллов и оборудование для их осуществления.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (3 семестр).

Зачет с оценкой по дисциплине «Современные методы и оборудование для производства монокристаллов для фотоники и электроники» проводится в 3 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 3 и 4 рабочей программы дисциплины. Билет для **зачета с оценкой** состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для **зачета с оценкой**:

«Утверждаю» Заведующий кафедрой ХТК_ (Должность, наименование кафедры) И.Х.Аветисов_ (Подпись) (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии кристаллов
	18.04.01.68 Химическая технология Магистерская программа – «Технология функциональных материалов электроники и фотоники»
	Современные методы и оборудование для производства монокристаллов для фотоники и электроники
Билет № 3 1. Основной принцип уплотнения сопрягаемых деталей. Пути создания когерентной шероховатости. 2. Система питания газопламенного нагревателя: технические требования, предъявляемые к этой системе и их устройство. 3. Виды механической обработки монокристаллов. Технологии раскроя кристаллов и оборудование для их осуществления.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Н. И. Леонюк, Е. В. Копорулина, Е. А. Волкова, В. В. Мальцев. Кристаллография: зарождение, рост и морфология кристаллов : учебное пособие для бакалавриата и магистратуры . М.: Издательство Юрайт, 2018, 152 с.
2. Курс лекций «Кристаллография». 03.09.2019 [электронный ресурс] — Режим доступа: <http://cryst.geol.msu.ru/courses/crgraf/> (дата обращения: 12.04.2023)
3. А. А. Майер. Процессы роста кристаллов. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 1999, 176 с.

Б. Дополнительная литература

1. К.-Т. Вильке. Выращивание кристаллов. Л.: Недра, 1977, 600 с.
2. Х.С. Багдасаров. Высокотемпературная кристаллизация из расплава. М.: Физматлит, 2004, 160 с.
3. Т.Г. Петров, Е.Б. Трейвус, Ю.О. Пунин, А.П. Касаткин. Выращивание кристаллов из растворов. Л.: Недра, 1983, 200 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- «Кристаллография»
- Journal of Crystal Growth
- Crystal Research and Technology
- Cryst. Eng. Comm
- «Неорганические материалы»
- Journal of Non-Crystalline Solids.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- Установки для выращивания монокристаллов на балансе РХТУ им. Д.И. Менделеева и ИОФ им. А.М. Прохорова РАН;
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 77);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 77).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Современные методы и оборудование для производства монокристаллов для фотоники и электроники»* проводятся в форме лекций и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; учебная аудитория для проведения практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов магистратуры, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Комплекты плакатов к разделам лекционного курса; макеты пространственных групп симметрии кристаллов; комплекты образцов полупроводниковых и диэлектрических кристаллов, органических и неорганических люминофоров, других материалов электронной техники; комплекты приборов электронной техники (электровакуумные приборы и полупроводниковые приборы).

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; раздаточный материал к практическим занятиям по дисциплине; альбомы и рекламные проспекты с основными видами и характеристиками приборов и материалов электронной техники, фотоники и квантовой электроники.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде по строению и свойствам материалов

электронной техники; электронная картотека по рентгенофазовому анализу; электронная картотека по фазовым диаграммам состояния; кафедральные библиотеки электронных изданий.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Операционная система Microsoft Windows 10 Education (Russian)	Подписка Microsoft Azure Dev Tools for Teaching соглашение от 31.01.2019 ICM-169788, номер подписки IM91021, действительно до 30.01.2021, счет от 31.01.2019 № 9552830795	Подписка не подразумевает количества лицензий	30.01.2021
2	Microsoft Visio Professional 2019 (Russian)	Подписка Microsoft Azure Dev Tools for Teaching, соглашение от 31.01.2019 ICM-169788, номер подписки IM91021, действительно до 30.01.2021, счет от 31.01.2019 № 9552830795	Подписка не подразумевает количества лицензий	30.01.2021

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Уровень техники и совершенство установок для выращивания монокристаллов. Состав и структура исполнительной системы.	знает: · деление устройства аппарата на семь систем; · методы оценки уровня техники и совершенства установок для выращивания монокристаллов; · примеры оценок уровня техники и совершенства установок для выращивания монокристаллов методом Вернейля, Чохральского и Киропулуса; · состав и структуру исполнительной системы установок для выращивания монокристаллов; · классификацию контейнеров для выращивания монокристаллов; · назначение конуса расширения в контейнерах для выращивания монокристаллов методом Бриджмена; · факторы управляющие протяженностью посадочного места для затравочного кристалла при выращивании монокристаллов методом Бриджмена; · конструкции контейнеров для выращивания монокристаллов различными методами; · принципы герметизации; · устройство ножевых и самоуплотняющихся затворов; · общие технические требования к материалам контейнеров; · стойкость различных контейнерных материалов к различным видам газовых сред; · свойства и характеристики металлов платиновой группы как контейнерных материалов; · свойства и характеристики контейнерных материалов на основе жаропрочных сталей и сплавов; · свойства и характеристики молибдена и вольфрама в качестве контейнерных материалов;	Оценка за контрольную работу №1 (2 семестр) Оценка за зачет (2 семестр)

	· свойства и характеристики керамических оксидных контейнерных материалов; · свойства и характеристики стекл в качестве контейнерных материалов; · свойства и характеристики керамических неоксидных материалов контейнеров; · свойства и характеристики полимерных контейнерных материалов; умеет: · выделить в устройстве данного аппарата для выращивания монокристаллов семь систем; · оценить уровень техники и совершенства данного аппарата для выращивания данного монокристалла; · описывать состав и структуру исполнительной системы данной установки для выращивания монокристаллов; · очищать различные контейнеры после процесса роста; · корректировать направление изменения угла конуса расширения контейнера при выращивании монокристаллов методом Бриджмена; · диагностировать недостаточную протяженность посадочного места для затравочного кристалла при выращивании монокристаллов методом Бриджмена; · выбрать тип и конструкцию контейнера для выращивания монокристаллов данным способом; · выбрать материал контейнера для данного способа выращивания монокристаллов; владеет: · приемами усовершенствования установок для выращивания монокристаллов; · приемами выбора вида и конструкции контейнера для	

	выращивания монокристаллов данным способом; – приемами выбора контейнерного материала для данного способа выращивания монокристаллов;	
Раздел 2. Обслуживающие компоненты в исполнительной системе.	знает: · типы и конструкции нагревателей для выращивания монокристаллов; · виды нагревателей сопротивления для выращивания монокристаллов; · виды теплоизолирующих устройств нагревателей для выращивания монокристаллов; · технические требования, предъявляемые к материалам нагревателей для выращивания монокристаллов; · свойства и характеристики материалов нагревателей для выращивания монокристаллов; · основные виды и характеристики датчиков для контроля процессов выращивания монокристаллов; · виды и конструкции дозаторов для процессов выращивания монокристаллов; · принципы и методы герметизации, используемые в установках для выращивания монокристаллов; умеет: · выбрать тип и вид нагревателя для данного способа выращивания монокристаллов; · рассчитывать параметры конструкции различных видов нагревателей и их теплоизолирующих устройств; · выбрать материал нагревателя для данного конкретного способа выращивания монокристаллов; · подобрать набор датчиков для контроля процесса выращивания монокристаллов; · разрабатывать конструкции дозаторов для выращивания монокристаллов;	Оценка за контрольную работу №2 (2 семестр) Оценка за <i>зачет</i> (2 семестр)

	· конструировать различного вида уплотнения, используемые в установках для выращивания монокристаллов; владеет: · приемами выбора типов и видов нагревателей для выращивания монокристаллов; · приемами конструкторского расчета различного вида нагревателей для выращивания монокристаллов; · навыками выбора материалов нагревателей для данного конкретного способа выращивания монокристаллов; · приемами компоновки системы датчиков для контроля данного процесса выращивания монокристаллов; · навыками конструирования дозаторов для выращивания монокристаллов; – навыками конструирования уплотнений, используемых в установках для выращивания монокристаллов;	
Раздел 3. Обслуживающие системы установок для выращивания монокристаллов.	знает: · системы питания различных типов и видов нагревателей используемых для выращивания монокристаллов; · состав вакуумно-газовой системы и систем подачи технологических газов; · квалификационные требования к технологическим газам; · организацию хранения сжиженных и сжатых газов; · устройство и характеристики генераторов азота и кислорода; · нормативы газобаллонного хозяйства; · состав и характеристики различных систем охлаждения установок для выращивания монокристаллов; · назначение и виды кинематических систем установок для выращивания монокристаллов;	Оценка за контрольную работу №3 (3 семестр) Оценка за зачет с оценкой (3 семестр)

	· состав различного вида кинематических систем; · виды и состав электрических систем установок для выращивания монокристаллов; · общую структуру пульта управления установок для выращивания монокристаллов и особенности этой структуры для синхронизированных установок; умеет: · оценивать уровень техники и совершенства различных систем питания нагревателей; · конструировать вакуумно-газовые системы; · проектировать системы охлаждения установок для выращивания монокристаллов; · проектировать различного вида преобразователи движения; · проектировать электрические системы установок для выращивания монокристаллов; · конструировать системы управления установок для выращивания монокристаллов; владеет: · навыками подбора системы питания для данного вида нагревателя; · умением проводить конструкторские расчеты вакуумно-газовых систем; · навыками составления технических заданий на разработку вакуумно-газовых систем; · навыками составления технических заданий на разработку систем охлаждения установок для выращивания монокристаллов; · навыками проектирования кинематических систем; · навыками проектирования электрических систем установок для выращивания монокристаллов; – навыками конструирования систем управления установок для выращивания монокристаллов;	

Раздел 4. Механическая обработка монокристаллов.	знает: · различные виды и способы механической обработки монокристаллов; умеет: · осуществлять выбор оборудования для механической обработки монокристаллов; владеет: – навыками проектирования раскроя монокристаллов;	Оценка за контрольную работу №4 (3 семестр) Оценка за зачет с оценкой (3 семестр)

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);
- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;
- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Современные методы и оборудование для производства монокристаллов для
фотоники и электроники»
основной образовательной программы
 18.04.01 Химическая технология
 магистерская программа
 «Технология функциональных материалов электроники и фотоники»
 Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Современные методы и оборудование для производства, обработки и
облагораживания ювелирных кристаллов»**

**Направление подготовки
18.04.01 Химическая технология**

**Магистерская программа
«Технология функциональных материалов электроники и фотоники»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена:

Старшим преподавателем кафедры химии и технологии кристаллов, Э.А. Ахметшиным

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И. Менделеева

(Наименование кафедры)

«23» мая 2025 г., протокол № 13.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология, магистерская программа: «Технология функциональных материалов электроники и фотоники», накопленным опытом преподавания дисциплин профиля кафедрой химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Дисциплина «Современные методы и оборудование для производства, обработки и обогащения ювелирных кристаллов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин по выбору учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области технологий выращивания монокристаллов, в частности – монокристаллов для фотоники и электроники.

Цель дисциплины «Современные методы и оборудование для производства, обработки и обогащения ювелирных кристаллов» состоит в углубленном освоении студентами магистратуры технологий и их аппаратного сопровождения, оборудования для работы с природными и искусственными ювелирными камнями: механической обработкой, модифицированием свойств (обогащением), ростом искусственных кристаллов.

Основными задачами является формирование у студентов научного базиса и системных, углубленных знаний в области технологической геммологии, предметом исследования которой является, в том числе, разработка методов роста искусственных аналогов природных драгоценных камней, обработки и модифицирования как природных так и синтетических ювелирных камней; выработка системного подхода к изучению, применению и конструкционной оптимизации оборудования для производства и механической обработки ювелирных кристаллов и материалов. Исходя из задач, которые решает курс, и требований к знаниям и умениям студентов, программа курса включает следующие разделы: технология обработки – включает основные понятия и представления о механической обработке природных и синтетических кристаллов – абразивные материалы, факторы влияющие на формирование структурно-нарушенного слоя, виды и режимы обработки, аппаратура и оснастка; технология обогащения – методы модифицирования качественных характеристик природных кристаллов; основные технологии искусственного получения ювелирных монокристаллов – методы выращивания, режимы, физическая химия процессов и др.

Дисциплина «Современные методы и оборудование для производства, обработки и обогащения ювелирных кристаллов» преподается во 2 и 3 семестрах. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины при подготовке магистров по направлению 18.04.01 – Химическая технология и профилю подготовки «Технология функциональных материалов электроники и фотоники», способствует формированию следующих компетенций:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-1 Способен формулировать задачи в области химической технологии для самостоятельной и коллективной научно-исследовательской работы, разрабатывать планы их реализации и задания для исполнителей	ПК-1.1 Знает принципы планирования научной работы коллектива исполнителей исходя из целей, задач и ресурсов проведения НИОКР	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт 29.002 «Специалист технического обеспечения технологических процессов производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. N 598н Обобщенная трудовая функция Ф. Координация работ по технической подготовке и сопровождению производства приборов квантовой электроники и фотоники на базе нанотехнологий. Ф/02.7 Разработка требований к уровню технической подготовки производства и контрольных показателей для его оценки (уровень квалификации – 7).
			ПК-1.2 Умеет выбирать методы и средства проведения исследований и разработок	
			ПК-1.3 Владеет приемами оценки материальных, кадровых и временных ресурсов, потребных для научного исследования	

Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство	ПК-5 Способен осуществлять комплексный анализ научных основ технологии новых материалов и изделий электроники и наноэлектроники	ПК-5.1 Знает современные требования к функциональным характеристиками материалов и изделий электроники и наноэлектроники	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт 29.002 «Специалист технического обеспечения технологических процессов производства приборов квантовой электроники и фотоники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. N 598н Обобщенная трудовая функция Ф. Координация работ по технической подготовке и сопровождению производства приборов квантовой электроники и фотоники на базе нанотехнологий. Ф/02.7 Разработка требований к уровню технической подготовки производства и контрольных показателей для его оценки (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.037 «Специалист по разработке технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники»,
			ПК-5.2 Умеет модифицировать имеющиеся материалы для нужд создания новых изделий электроники и наноэлектроники	
			ПК-5.3 Владеет способами измерения функциональных характеристик материалов и изделий электроники и наноэлектроники	
	Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).			

				утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция Е. Разработка концепции технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов(Е/03.7 Разработка технологической концепции производства нового прибора (уровень квалификации – 7). Профессиональный стандарт 40.039 «Специалист в области разработки полупроводниковых лазеров», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.07.2014 N 452н (ред. от 12.12.2016) Обобщенная трудовая функция С/03.7. Научно-техническое сопровождение изготовления опытной партии разработанной новой модели полупроводникового лазера (уровень квалификации – 7).

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

основные технологии при работе с природными и искусственными кристаллами:

- методы обработки
- методы модифицирования
- методы роста и производства ювелирных материалов

новые и перспективные ювелирные материалы

оборудование для механической обработки

Уметь:

- Выбирать оптимальные технологии при обработки монокристаллов,
- Выбирать и применять технологии модифицирования свойств монокристаллов
- Модифицировать устройство типовых установок для роста и облагораживания ювелирных кристаллов.
 - Моделировать процессы роста ювелирных монокристаллов
 - Выполнять физико-химические расчеты процессов роста монокристаллов

Владеть:

- Навыком обработки природных и искусственных монокристаллов.
- Навыком проведения поисковых экспериментов по выбору оптимальных методов и усовершенствования экспериментального оборудования.
- Навыком проведения экспериментальных работ по производству и облагораживанию ювелирных монокристаллов.

3. ОБЪЕМ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Вид учебной работы	Всего		Семестр			
			2 семестр		3 семестр	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. . ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5	180	2	72	3	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	3	102	1.5	51	1.5	51
в том числе в форме практической подготовки	0,5	12	0,25	6	0,25	6
Лекции	1	34	0.5	17	05	17
Практические занятия (ПЗ)	2	68	1	34	1	34
в том числе в форме практической подготовки	0,5	12	0,25	6	0,25	6
Самостоятельная работа	2	78	0,5	21	1,5	57
Контактная самостоятельная работа	2	0,6	0,5	0,2	1,5	0.4
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		77,4		20,8		56,6
Виды контроля:						
Зачет			+			
Зач. с оценкой						+

Вид итогового контроля:			Зачет		Зач. с оценкой	
Вид учебной работы	Всего		Семестр			
			2 семестр		3 семестр	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5	135	2	54	3	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	3	76.5	1.5	38.3	1.5	38.2
в том числе в форме практической подготовки	0,5	9	0,25	4.5	0,25	4.5
Лекции	1	25.5	0.5	12.8	0.5	12.7
Практические занятия (ПЗ)	2	51	1	25.5	1	25.5
в том числе в форме практической подготовки	0,5	9	0,25	4.5	0,25	4.5
Самостоятельная работа	2	58.5	0,5	15.8	1,5	42.7
Контактная самостоятельная работа	2	0,4	0,5	0,15	1,5	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		58,1		15,6 5		42,4
Виды контроля:						
Зачет			+			
Зач. с оценкой						+
Вид итогового контроля:			Зачет		Зач. с оценкой	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов				
		Всего	Лек	ПЗ	СР	Зачет
1.	Раздел 1. Технология обработки.	53	20	24	28	
2.	Раздел 2. Технология облагораживания.	46	8	22	25	
3.	Раздел 3. Технология искусственных ювелирных монокристаллов.	45	6	22	25	
	Зачет с оценкой					
	Всего часов	180	34	68	78	

3.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Технология обработки.

Введение. Определение ювелирных кристаллов и материалов. Современная техническая классификация и пр. Цели и задачи механической обработки ювелирных камней и материалов. Основные понятия. Процессы абразивного воздействия;

шлифование и роль различных факторов в процессах абразивного разрушения. Структурно-нарушенный слой и связь его параметров с динамикой процессов. Роль смазывающе-охлаждающих жидкостей в процессе шлифования. Процессы механического полирования и требования к полированным поверхностям. Трибологические аспекты механической обработки. Физико-химическая, химическая, химико-механическая и др. методы полировки материалов. Номенклатура абразивных материалов. Типы связующих и номенклатура абразивных инструментов и оснасток. Современное оборудование и методы производства алмазного инструмента. Основные этапы, методы и оборудование для обработки ювелирных кристаллов. Сортировка сырья, приготовление к распиловке и разметка. Распиловочные и подрезные станки и пилы. Принцип действия и основные технические характеристики. Шлифовальные станки - принцип действия и основные технические данные. Грубая обдирка, шлифование и полирование. Физический смысл процессов, материалы и оснастка. Процесс изготовления кабошонов. Разметка, распиловка, наклейка, обдирка, шлифование и полирование. Формы кабошонов. Особенности изготовления кабошонов из разных материалов. Типы ограночных приспособлений. Процесс огранения. Разметка, распиловка и задание формы. Наклейка и переклейка. Огранение и полирование коронки и павильона. Промывка и упаковка ограненных камней. Форма ограненных камней. Расчет и оптимизация оптики и геометрии ограненных камней. Понятие о фантазийных формах огранки. Технология изготовления кр-17 и кр-57. Галтовка. Изготовление шаров. Сверление. Мозаика. Резьба по камню, раковине, кости. Технология, материалы и оборудование. Новые перспективные методы обработки. Отличие технологии обработки ювелирных и технических монокристаллических материалов. Контроль качества обработки, основные методы и особенности. Оборудование для контроля качества.

Раздел 2. Технология облагораживания.

Введение. Облагораживание и модифицирование свойств материалов, применение терминов и различие в понятиях. Правила СИВЮ (Международная конфедерация по ювелирным камням, изделиям из серебра, алмазам и жемчугу) относительно облагороженных камней. Определение качественных характеристик природных кристаллов. Понятие о сортности и критерии выделения сортов материалов. Классификация методов модифицирования качественных характеристик ювелирных монокристаллов. Условия проведения процессов, определяющие особенности методов. Термообработка, НРНТ, НТЛР, облучение, метод ионной имплантации, метод ионного перемешивания. Химические методы облагораживания. Условия проведения процессов, определяющие особенности методов. Химическое крашение. Физико-химические методы модифицирования свойств природных монокристаллов. Термодиффузия, пропитка, импрегнирование, диффузия из газовой среды. Облагораживание природных монокристаллов. Физико-химические основы модифицирования свойств природных монокристаллов. Использование типового оборудования для облагораживания природных и искусственных кристаллов и материалов. Модифицирование типовых установок и особенности проведения поисковых экспериментов. Облагораживание природных монокристаллов. Модифицирование драгоценных камней (алмаз, сапфир, изумруд и др.). Модифицирование ювелирных камней 2, 3 и 4 категории. Экономическая целесообразность модифицирования, выбор методов облагораживания на различных примерах.

Раздел 3. Технология искусственных ювелирных монокристаллов.

Введение. Цели и задачи искусственного получения ювелирных монокристаллов и материалов. Различия в подходах по росту технических и ювелирных монокристаллов. Физико-химические основы процессов синтеза шихты и роста кристаллов. Моделирование природных процессов кристаллообразования. Экспериментальная и техническая минералогия и петрология. Расплавные методы роста ювелирных монокристаллов. Варианты методов (методы Стокбаргера – Бриджмена, Багдасарова, Чохральского и др.) и стандартное оборудование для выращивания монокристаллов. Условия, особенности, физхимия процессов, аппаратура и оснастка. Раствор-расплавные методы роста. Солевые расплавы (флюсы) и их активаторы. Особенности массопереноса в расплавах. Стандартное оборудование для роста монокристаллов раствор-расплавным методом и пути его модифицирования. Условия, особенности, физхимия процессов, аппаратура и оснастка. Гидротермальные методы роста. Основные понятия и представления о гидротермальном методе. Автоклав и его футеровка. Нагреватели. Изотермические и градиентные автоклавные системы роста. Условия, особенности, физхимия процессов и оборудование для промышленного гидротермального роста. Активаторы раствора и их роль в процессе роста. Химические методы синтеза ювелирных материалов (на примере опала, малахита и бирюзы). Оборудование и особенности методов. Обзорные материалы по производству имитаций ювелирных камней природного и искусственного происхождения. Стекла и стеклокристаллические материалы - особенности технологий производства и модифицирования. Технология варки стекла, особенности, физхимия процессов. Процессы кристаллизации в стеклах. Контроль характеристик и качества получаемых ювелирных стекол и стеклокристаллических материалов. Технология получения ювелирных вставок аномально анизотропных (оптически) одно- и двусных стекол. Механизм, особенности. Полимерные и композитные материалы. Основные представления, технология получения изделий из полимеров и композитных материалов для ювелирной промышленности, особенности и проблемы производства. Механизм процессов получения новых материалов. Новые и нетрадиционные ювелирные материалы. Технологии получения и проблемы производства ювелирных материалов.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:			
1	- Современные методы и оборудование для обработки ювелирных кристаллов и материалов	+		
2	- Современные методы и оборудование для облагораживания природных и искусственных ювелирных кристаллов		+	
3	- Современные методы и оборудование для производства искусственных ювелирных кристаллов и материалов			+
4	- Нетрадиционные методы полировки	+		
	Уметь:			
5	- Выбирать оптимальные технологии обработки монокристаллов	+	+	
6	- Выбирать и применять технологии облагораживания свойств монокристаллов		+	
7	- Модифицировать устройство типовых установок для роста, облагораживания и обработки ювелирных кристаллов.	+	+	+
	Владеть:			
8	- Навыком обработки природных и искусственных монокристаллов	+	+	+
9	- Навыком проведения поисковых экспериментов по выбору оптимальных методов и усовершенствования экспериментального оборудования.	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:				
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК		
10	ПК-1 Способен формулировать задачи в области химической технологии для самостоятельной и коллективной научно-исследовательской работы, разрабатывать планы их реализации и задания для исполнителей	ПК-1.1 Знает принципы планирования научной работы коллектива исполнителей исходя из целей, задач и ресурсов проведения НИОКР	+	+
11		ПК-1.2 Умеет выбирать методы и средства проведения исследований и разработок	+	+
12		ПК-1.3 Владеет приемами оценки материальных, кадровых и временных ресурсов, потребных для научного исследования	+	+
13	ПК-5 Способен осуществлять комплексный анализ научных основ технологии новых материалов и изделий электроники и наноэлектроники.	ПК-5.1 Знает современные требования к функциональным характеристиками материалов и изделий электроники и наноэлектроники.	+	+
14		ПК-5.2 Умеет модифицировать имеющиеся материалы для нужд создания новых изделий электроники и наноэлектроники.	+	+
15		ПК-5.3 Владеет способами измерения функциональных характеристик материалов и изделий электроники и наноэлектроники.	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки студентов магистратуры по направлению 18.04.01 – Химическая технология и профилю подготовки «Технология функциональных материалов электроники и фотоники» предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине «Современные методы и оборудование для производства, обработки и облагораживания ювелирных кристаллов». Практические занятия проводятся под руководством преподавателя и направлены на углубление теоретических знаний, полученных студентами магистратуры на лекционных занятиях и при самостоятельном изучении материалов дисциплины; формирование понимания по применению теоретических знаний на практике и закрепления полученного навыка по обработки природных и искусственных ювелирных монокристаллов, проведения поисковых экспериментов по выбору оптимальных методов и усовершенствования экспериментального оборудования для роста искусственных и облагораживания природных ювелирных камней и материалов.

Примерный перечень практических занятий:

№ пп	Раздел	Темы практических (семинарских) занятий	Часы
1	1.	– Изучение процессов шлифования. Влияние связующих и номенклатуры абразивных материалов на шероховатость получаемой поверхности. Методы измерения шероховатости.	– 4
2		– Изготовление кабошонов. Применение различных методов изготовления в зависимости от типов обрабатываемых материалов.	– 4
3		– Огранение ювелирных камней и материалов. Изготовление кр-57. Изучение и контроль брака. Модифицирование технологии и оборудования в зависимости от обрабатываемого материала.	– 3
4		– Ультразвуковое и вращательное сверление. Изготовление отверстий в хрупко-разрушаемых и пластичных материалах.	– 3
5	2.	– Облагораживание ювелирных монокристаллов методами термообработки: а) природные сапфиры; б) дымчатый кварц; в) берилл (желтый). Влияние среды и режимов термообработки на полученный цвет. Изучение возможности ремиссии цвета.	– 4
6		– Импрегнирование природных и искусственных ювелирных камней (выборочно) полимерными композициями и солевыми расплавами. Анализ полученных результатов методами микроскопии и др.	– 3
7		– Химическое крашение ювелирных материалов	– 3

		органогенного происхождения. Применение различных красителей.	
8	3.	– Рост монокристаллов ювелирного назначения. Исследование монокристаллического корунда полученными методами – Вернеля, Бриджмена, Чохральского, раствор-расплавным методом. 3.2.	– 4
9		– Получение искусственной бирюзы. Изготовление шихты, её модифицирование и прессование. Получение опала путём гидролиза ТЭОС. Влияние режимов гидролиза и концентрации компонентов на процессы гелеобразования.	– 4

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «Современные методы и оборудование для производства, обработки и облагораживания ювелирных кристаллов» (Б1.В.ДВ.02.03) предусмотрена самостоятельная работа студента магистратуры в объеме 21 ч в 1 семестре и 57 ч во 2 семестре. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на практических занятиях учебного материала и подготовку к выполнению контрольных работ по разделам курса;
- подготовка докладов и презентаций по темам практических работ;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы и работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов и др.;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня;
- участие в работе тематических форумов в сети интернет;
- подготовку к сдаче зачета по курсу.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Текущий контроль знаний осуществляется посредством 3 контрольных работ, которые выполняются после прохождения соответствующего модуля дисциплины. Основная часть программы «Современные методы и оборудование для производства, обработки и облагораживания ювелирных кристаллов», включающей 3 модуля, завершается задачей соответствующего зачета, который является важнейшей контрольной и оценочной точкой в системе обучения студентов магистратуры.

Контрольная 1 по темам 1 раздела. Ориентировочные краткие вопросы.
Максимальная оценка – 20 баллов.

1. Современная техническая классификация. Влияние порочности и прочностных свойств на отношение к технологическим группам.
2. Цели и задачи механической обработки ювелирных камней и материалов. Какие виды обработки можно отнести к механическим? Перечислить другие виды обработки поверхности материалов. Основные понятия.
3. Процессы абразивного воздействия; шлифование и роль различных факторов в процессах абразивного разрушения. Структурно-нарушенный слой и связь его параметров с динамикой процессов. Как изменяется скорость шлифования в зависимости: от давления на образец; температуры процесса; скорости вращения режущего инструмента; размера абразивного зерна?
4. Роль и задачи смазывающе-охлаждающих жидкостей в процессе шлифования.
5. Процессы механического полирования и требования к полированным поверхностям. Какая шероховатость допустима для полированной поверхности? Трибологические аспекты механической обработки.
6. Физико-химическая, химическая, химико-механическая и др. методы полировки материалов. Допустимо ли использовать избирательный травитель при химико-механической полировке?
7. Номенклатура абразивных материалов. Перечислить современные стандарты и расसेвы алмазного зерна, используемого в промышленности. Типы связующих и номенклатура абразивных инструментов и оснасток. Значение индексов маркировки (на примере).
8. Сортировка сырья, приготовление к распиловке и разметка. Распиловочные и подрезные станки и пилы. Принцип действия и основные технические характеристики. Шлифовальные станки - принцип действия и основные технические данные.
9. Грубая обдирка, шлифование и полирование. Физический смысл процессов, материалы и оснастка.
10. Процесс изготовления кабошонов. Разметка, распиловка, наклейка, обдирка, шлифование и полирование. Формы кабошонов. Особенности изготовления кабошонов из разных материалов.
11. Типы ограночных приспособлений. Процесс огранения. Разметка, распиловка и задание формы. Наклейка и переклейка. Огранение и полирование коронки и павильона. Промывка и упаковка ограненных камней. Форма ограненных камней. Расчет и оптимизация оптики и геометрии ограненных камней. Понятие о фантазийных формах огранки.
12. Технология изготовления кр-17 и кр-57. Контроль качества обработки, основные методы и особенности. Оборудование для контроля качества.

Контрольная 2 по темам 2 раздела. Ориентировочные краткие вопросы.
Максимальная оценка – 20 баллов.

1. Облагораживание и модифицирование свойств материалов-применение терминов и различие в понятиях. Правила СИВЖО (Международная конфедерация по

ювелирным камням, изделиям из серебра, алмазам и жемчугу) относительно облагороженных камней.

2. Определение качественных характеристик природных кристаллов ювелирного назначения. Понятие о сортности и критерии выделения сортов природных и искусственных ювелирных кристаллов и материалов в обработанном виде. Кондиции природного ювелирного сырья. Как влияет облагораживание на кондиции?

3. Физические методы модифицирования ювелирных кристаллов. Примеры и возможные результаты. Например: при каких температурах происходит улучшение цветовых характеристик природного сапфира; роль атмосферы термообработки на полученный фазовый состав и цвет.

4. Физическо-химические методы модифицирования ювелирных кристаллов. Примеры и возможные результаты. Условия проведения процессов, определяющие факторы методов и их аппаратура.

5. Химические методы модифицирования ювелирных кристаллов. Примеры и возможные результаты. Использование полимеров для импрегнирования. Примеры использования химических и пигментных красителей, различие в механизме окрашивания.

Контрольная 3 по темам 3 раздела. Ориентировочные краткие вопросы.
Максимальная оценка – 20 баллов.

1. Искусственное получение ювелирных монокристаллов и материалов – главные цели и задачи. Природные ресурсы и их ограниченность. Соотношение стоимости природных и выращенных кристаллов по стоимости и др. параметрам. Какая себестоимость искусственного ювелирного кристалла, в отношении к природному аналогу, позволяет сделать процесс успешным?
2. Физико-химические основы процессов синтеза шихты и роста кристаллов. Различие в подходах по росту технических и ювелирных монокристаллов.
3. Моделирование природных процессов кристаллообразования. Экспериментальная и техническая минералогия и петрология. Оборудование для моделирования и методология проведения экспериментов. Примеры модельных экспериментов (на примере кордиерита и изумруда).
4. Расплавные методы роста ювелирных монокристаллов. Варианты методов. Перечислить, указать отличительные особенности.
5. Особенности метода Чохральского. Примеры. Какая используется атмосфера при росте лейкосапфира в молибденовом тигле и почему? Зачем придают вращение затравочному кристаллу? Отличие классического метода и метода Степанова.
6. Особенности метода Стокбаргера – Бриджмена. Где и почему располагается диафрагма? Типы нагревателей.
7. Особенности метода Багдасарова. Как влияет скорость перемещения «лодочки» на качество получаемого кристалла? Почему рост начинают в зоне контейнера с зауженным мыском?
8. Раствор-расплавные методы роста. Роль солевого расплава. Методы подбора флюса и факторы влияющие на его активность. Примеры использования тех или иных флюсов для роста ювелирных разновидностей монокристаллов.

9. Гидротермальные методы роста. Автоклавы и их футеровка. Какие предельные давления используются при росте искусственного кварца и какие соли используются для активации гидротермального раствора? Как активаторы раствора влияют на скорость роста и качество получаемых монокристаллов? Для чего используются контрольные кристаллы при промышленном гидротермальном росте?
10. Химические методы синтеза ювелирных материалов. Как влияет контроль состава питающих растворов на цвет полученного малахита? Как получают сложный рисунок на искусственно полученном малахите?

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (Зачет с оценкой)

Максимальная оценка – 40 баллов.

1. Цели и задачи механической обработки ювелирных камней и материалов. Определение ювелирных кристаллов и материалов.
2. Процессы абразивного воздействия; шлифование и роль различных факторов в процессах абразивного разрушения.
3. Структурно-нарушенный слой и связь его параметров с динамикой процессов.
4. Роль смазывающе-охлаждающих жидкостей в процессе шлифования.
5. Процессы механического полирования и требования к полированным поверхностям.
6. Физико-химическая, химическая, химико-механическая и др. методы полировки материалов. Краткая характеристика и различие в методах.
7. Номенклатура абразивных материалов. Примеры зарубежных и российских стандартов.
8. Типы связующего для алмазного инструмента и влияние на параметры шлифования.
9. Технология изготовления кабошонов. Краткое описание и технологическая карта процесса.
10. Технология изготовления огранки из ювелирных кристаллов. Краткое описание и технологическая карта процесса.
11. Контроль качества обработки, основные методы и особенности. Оборудование для контроля качества. Весовой контроль.
12. Исследование шероховатости. Профилометрия.
13. Модифицирование свойств ювелирных кристаллов и материалов, применение терминов и различие в понятиях. Правила CIBJO (Международная конфедерация по ювелирным камням, изделиям из серебра, алмазам и жемчугу) относительно облагороженных камней.
14. Определение качественных характеристик природных кристаллов. Понятие о сортности и критерии выделения сортов материалов. Кондиции сырья и проблема мировых запасов сырья.
15. Физические методы модифицирования ювелирных кристаллов. Основы методов. Примеры, оборудование и режимы; возможные результаты и их вариативность (для природных ювелирных кристаллов).

16. Физическо-химические методы модифицирования ювелирных кристаллов. Примеры и возможные результаты. Условия проведения процессов, определяющие факторы методов и их оборудование. Возможные результаты и их вариативность (для природных ювелирных кристаллов)
17. Химические методы модифицирования ювелирных кристаллов.
18. Цели и задачи получения ювелирных монокристаллов и материалов.
19. Моделирование природных процессов кристаллообразования. Экспериментальная и техническая минералогия и петрология. Оборудование для моделирования и методология проведения экспериментов.
20. Расплавные методы искусственного получения ювелирных монокристаллов. Варианты методов.
21. Раствор-расплавные методы роста ювелирных кристаллов.
22. Солевые расплавы и особенности массопереноса раствор-расплавных методах роста.
23. Гидротермальные методы роста ювелирных кристаллов. Изотермические и градиентные автоклавные системы. Оборудование для промышленного гидротермального роста.
24. Химические методы синтеза ювелирных материалов (на примере опала, малахита и бирюзы).

8.3. Структура и пример билетов к зачету

Зачет с оценкой по дисциплине «Современные методы и оборудование для производства, обработки и облагораживания ювелирных кристаллов» включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Билет состоит из 2 вопросов, относящихся к разным разделам курса. Вопросы билета предусматривают развернутые ответы студента по достаточно объемной тематике. Ответы на вопросы оцениваются из 40 баллов – по 20 баллов за ответ на один вопрос.

Пример билета к зачету:

«Утверждаю» Руководитель программы _____20__ И.Х. Аветисов	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии кристаллов
	Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология Магистерская программа «Технология функциональных материалов электроники и фотоники»
	Современные методы характеристики и контроля качества монокристаллических и нано-структурированных материалов и пленочных структур технического и ювелирного назначения
Билет № 1 1. Номенклатура абразивных материалов. Перечислить современные стандарты и рассевы алмазного зерна, используемого в промышленности. Типы связующих и номенклатура абразивных инструментов и оснасток. Значение индексов	

маркировки (на примере).

2. Физическо-химические методы модифицирования ювелирных кристаллов. Примеры и возможные результаты. Условия проведения процессов, определяющие факторы методов и их оборудование. Возможные результаты и их вариативность (для природных ювелирных кристаллов)

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. А. А. Майер. Процессы роста кристаллов. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 1999

Б. Дополнительная:

2. З.И. Кремень, В.Г. Юрьев, А.Ф. Бабошкин. Технология шлифования в машиностроении. — Санкт-Петербург: Политехника, 2007. — 425 с
3. Елифанов В.И. Технология обработки алмазов в бриллианты: Учеб.пособие/В.И.Елифанов, А.Я.Песина, Л.В.Зыков. — 5-е изд., репринтное. — Якутск: Бичик, 2001. — 336с.: ил.
4. В.С. Балицкий, Е.Е. Лисицина. Синтетические аналоги и имитации природных драгоценных камней. Москва, «Недра», 1981, 158 стр.
5. Ю.П. Солодова, М.В. Николаев, К.К. Курбатов, и др. Геммология алмаза: учебник — Москва 2008. — 416 стр.
6. Рид.П. Геммология. — М., Изд-во «Мир», 2003. 366 с.
7. Дьяков А.А., Гаврин П.С. «Выпуск 3. Последовательность обработки бриллианта Кр-57 при огранке низа с клиньев и огранке низа с граней: технологические карты» (учебно-методическое пособие). 2007г
8. Синкенкес Дж. Руководство по обработке драгоценных и поделочных камней: Пер. с англ. — М.: Мир, 1989. — 423 с., ил.
9. А.В.Ножкина, В.И.Костиков, А.Н. Варенков «Физико-химические свойства и процессы получения алмаза и других высокотвердых материалов» учебное пособие М., МИСИС 1986г.32с
10. Г. Смит Драгоценные камни. Москва, «Мир», 1980
11. А.Н. Платонов, М.Н. Таран, В.С. Балицкий Природа окраски самоцветов. Москва, «Недра», 1984
12. Б. Андерсон Определение драгоценных камней. Москва, «Мир», 1983, 556 стр.

13. Элуэлл Д. Искусственные драгоценные камни. М., Мир, 1986.

14. K. Nassau. Gemstone Enhancement, Butterworth-Heinemann; 2 edition, 272 p.; 1994, Language: English

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Научно-технические журналы:

- Журнал «Кристаллография» ISSN - 0023-4761
- Журнал «American Mineralogist» ISSN - 0003-004X
- Журнал «Gems & Gemology (Gemological Institute of America)» ISSN - 0016-626X
- Журнал «Современные наукоемкие технологии» ISSN - 1812-7320
- Журнал «Петрология» ISSN - 0869-5903
- Журнал «Минералогия» ISSN - 2313-545X
- Журнал «Mineral Resources Engineering» ISSN - 0950-6098
- Журнал «Journal of Crystal Growth» ISSN - 0022-0248
- Журнал «Crystal Research and Technology» ISSN - 0232-1300
- Журнал «Cryst. Eng.Comm» ISSN - 1466-8033
- Журнал «Неорганические материалы» ISSN – 0002-337X
- «Журнал неорганической химии»
- Journal of Non-Crystalline Solids.
- Аэрокосмический научный журнал
- ОПТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
- Машиностроение
- Фундаментальные исследования
- Успехи современного естествознания

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет

- <http://e.lanbook.com>: Электронная библиотека «Лань»
- <http://lib.muctr.ru>: Электронно-библиотечная система ИБЦ РХТУ им. Д.И.Менделеева
- <http://onlinelibrary.wiley.com>: Издательство Wiley
- www.centerprioritet.ru: СМЦ «Приоритет» - техническая документация исследований
- <https://www.reaxys.com>: База данных Reaxys и Reaxys Medicinal Chemistry
- <http://www.scopus.com>: База данных Scopus
- <http://apps.webofknowledge.com>: Ресурсы Clarivate Analytics
- <http://pubs.rsc.org>: Royal Society of Chemistry
- <https://scifinder.cas.org>: База данных SciFinder
- <https://www.sciencedirect.com>: Платформа ScienceDirect от Elsevier
- <http://www.scirp.org>: Scientific Research. Open Access
- <http://www.intechopen.com>: In Tech. Open Science
- <http://bookfi.org>: BookFinder - электронная библиотека
- <http://www.rsl.ru>: Российская Государственная Библиотека
- <http://www.gpntb.ru>: Государственная публичная научно-техническая библиотека России
- <http://lib.msu.su>: Научная библиотека МГУ
- <http://window.edu.ru>: Библиотека учебных материалов
- <http://abc-chemistry.org>: ABC-Chemistry - химическая информация
- <http://www.fips.ru>: Информация о патентах от ФИПС
- <http://elibrary.ru>: Научная электронная библиотека

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных практических занятий;
- комплекты ограненных и кабошонированных ювелирных камней – презентационный материал;
- оборудованный учебный класс, оснащенный: распиловочные станки – 2шт.; подрезные – 2шт.; универсальные шлифовальные – 3 шт.; экспериментальные шлифовальные – 1шт. (1 в резерве);
- оборудованная лаборатория, оснащенная: печь с хромид-лантановыми нагревателями (рабочая температура до 1650°C); печь с нихромовым нагревателем (рабочая температура до 1200°C) 2 шт.; примеры гидротермальных автоклавов 8 шт;
- расходные материалы для проведения практических занятий – сырьё природных и искусственных ювелирных камней и материалов; тигли и реактивы;
- библиотека тематической литературы более 450 книг;
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 составляет 1 563 142 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Современные методы и оборудование для производства, обработки и облагораживания ювелирных кристаллов» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося в магистратуре.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для обучающихся, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Комплекты ограненных и кабошонированных ювелирных камней; комплекты расходных материалов для проведения практических занятий – сырьё природных и искусственных ювелирных камней и материалов; тигли и автоклавы, модели молекул и кристаллов для демонстрации типов колебаний при составлении колебательного представления в методах спектроскопии КР и ИК.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; раздаточный материал к практическим занятиям по дисциплине; альбомы и рекламные проспекты с основными видами и характеристиками приборов и материалов электронной техники, фотоники и квантовой электроники.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде по строению и свойствам материалов электронной техники; электронная картотека по рентгенофазовому анализу; электронная картотека по фазовым диаграммам состояния; кафедральные библиотеки электронных изданий.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование раздела	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Технология обработки.	знает: – Современные методы и оборудование для обработки	Оценка за контрольную работу

	ювелирных кристаллов и материалов – Нетрадиционные методы полировки умеет: – Выбирать оптимальные технологии обработки монокристаллов – Модифицировать устройство типовых установок для роста, облагораживания и обработки ювелирных кристаллов владеет: – Навыком обработки природных и искусственных монокристаллов – Навыком проведения поисковых экспериментов по выбору оптимальных методов и усовершенствования экспериментального оборудования.	Оценка за реферат Оценка за курсовую работу Оценка на зачете
Раздел 2. Технология облагораживания.	знает: – Современные методы и оборудование для облагораживания природных и искусственных ювелирных кристаллов умеет: – Выбирать и применять технологии облагораживания свойств монокристаллов – Модифицировать устройство типовых установок для роста, облагораживания и обработки ювелирных кристаллов.. владеет: – Навыком обработки природных и искусственных монокристаллов – Навыком проведения поисковых экспериментов по выбору оптимальных методов и усовершенствования экспериментального оборудования.	Оценка за контрольную работу Оценка за реферат Оценка за курсовую работу Оценка на зачете
Раздел 3. Технология искусственных ювелирных монокристаллов.	знает: – Современные методы и оборудование для производства искусственных ювелирных кристаллов и материалов умеет: – Модифицировать устройство типовых установок для роста, облагораживания и обработки	Оценка за контрольную работу Оценка за реферат Оценка за курсовую работу Оценка на зачете

	ювелирных кристаллов. <i>владеет:</i> – Навыком обработки природных и искусственных монокристаллов – Навыком проведения поисковых экспериментов по выбору оптимальных методов и усовершенствования экспериментального оборудования.	

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);
- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;
- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Современные методы и оборудование для производства, обработки и
облагораживания ювелирных кристаллов»
основной образовательной программы
18.04.01 Химическая технология
магистерская программа
«Технология функциональных материалов электроники и фотоники»

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «_____»____20__г.
2.		протокол заседания Ученого совета №_____от «_____»____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «_____»____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «_____»____20__г.