

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



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

 Ф.А. Колоколов

« 01 » 09 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

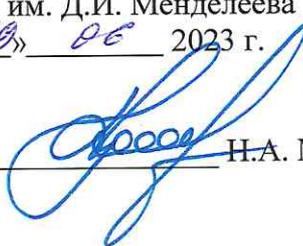
«Геммологи»

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
(Код и наименование направления подготовки)

Профиль подготовки – «Химическая технология материалов электроники»
(Наименование профиля подготовки)

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
« 19 » 06 2023 г.

Председатель  Н.А. Макаров

Москва 2023

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)

«16» мая 2023 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 Химическая технология, профиль «Химическая технология материалов электроники»** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **химии и технологии кристаллов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина **«Геммология»** относится к вариативной части элективных дисциплин учебного плана (Б1.В.ДВ.06.02). Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общей химии, математики, физики, физической химии, кристаллографии, минералогии, физической электроники.

Цель дисциплины – обучение студентов 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 продолжение программы обучения осуществляется переход в изложении материала курса от природных к так называемым модифицированным (облагороженным) природным и искусственным монокристаллам и материалам

Задачи дисциплины – формирование у студентов целостных знаний в геммологии, осознание её роли и экономического значения в современном мире, а также изучение основных направлений развития геммологии и её будущих перспектив.

Дисциплина **«Геммология»** преподается в 8 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

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 изучать научно-техническую информацию, опыт по тематике исследования, выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау.	ПК-2.1. Знает современные подходы к научному исследованию; порядок выстраивания логических взаимосвязей между различными литературными источниками.	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 40.011 «СПЕЦИАЛИСТ ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИМ РАЗРАБОТКАМ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04 марта 2014 года N 121н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5 Осуществление экспериментов и оформления результатов исследований и разработок (уровень квалификации – б).
			ПК-2.2. Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; выбирать метод научного исследования; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада.	
			ПК-2.3. Владеет навыками обращения с научной и технической литературой; современными методами обработки данных	

<p>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.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство;</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-3. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники</p>	<p>ПК-3.1. Знает физико-химические основы работы приборов электронной техники, получения монокристаллов и материалов электроники и нанoeлектроники</p> <p>ПК-3.2. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники</p> <p>ПК-3.3. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники.</p>	<p>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.</p> <p>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 D. Техническая подготовка технологической базы производства приборов квантовой электроники и фотоники. D/04.6 Приведение функциональных возможностей оборудования в соответствие специфическим требованиям процессов нанотехнологии (уровень квалификации – б).</p> <p>Профессиональный стандарт 40.011 «СПЕЦИАЛИСТ ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИМ РАЗРАБОТКАМ», утвержденный приказом</p>
---	--	---	---	---

				<p>Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04 марта 2014 года N 121н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5 Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок (уровень квалификации – 5).</p> <p>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 июля 2014 года N 446н, Обобщенная трудовая функция D. Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий. D/02.6 Разработка технических требований к модернизации технологических линий с целью реализации концепции производства и оптимизации технологических процессов с учетом требований систем менеджмента D/04.6 Разработка методик и техническое руководство экспериментальной проверкой технологических процессов и</p>
--	--	--	--	---

				исследованием параметров наноструктурированных материалов (уровень квалификации – 6).
--	--	--	--	---

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- Современные физико-химические методы исследования и диагностики ювелирных камней.
- Общие принципы классификации природных, драгоценных монокристаллических камней и знать их группы.
- Оценочные параметры ювелирных камней и принципы сертификации.

Уметь:

- Пользоваться гомологическими приборами и определять свойства ювелирных камней.
- Определять качественные характеристики природных драгоценных монокристаллов.

Владеть:

- Навыками диагностики природных монокристаллов по совокупности свойств.
- Навыками определения физических и химических свойств природных и искусственных ювелирных камней и материалов, а также определять их качественные характеристики.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс изучается в 8 семестре бакалавриата на базе знаний, полученных студентами на первом-третьем курсе. Контроль освоения студентами материала курса осуществляется путем проведения зачёта с оценкой.

Виды учебной работы	В зачетных единицах	В академ. часах
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	3	108
Аудиторные занятия:	2	64
Лекции (Лек)	1	32
Практические занятия (ПЗ)	1	32
Самостоятельная работа (СР):	1	44
Контактная самостоятельная работа		0,4
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		43,6
Вид контроля: зачет с оценкой	+	+

Виды учебной работы	В зачетных единицах	В астроном. часах
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	3	81
Аудиторные занятия:	2	48
Лекции (Лек)	1	24
Практические занятия (ПЗ)	1	24
Самостоятельная работа (СР):	1	33
Контактная самостоятельная работа		0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		32,7
Вид контроля: зачет с оценкой	+	+

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лекции	Прак. Зан.	Лаб. работы	Сам. работа
1	Введение в геммологию	32	6	6	0	20
2	Природные ювелирные монокристаллы	40	10	10	0	20
3	Модифицированные природные монокристаллы	36	8	8	0	20
4	Искусственные аналоги природных монокристаллов и их имитации	36	8	8	0	20
	ИТОГО	144	32	32	0	80

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение в геммологию.

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

Раздел 2. Природные ювелирные монокристаллы.

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
2. Ювелирно-поделочные камни: благородный опал, бирюза, нефрит, жадеит, хризопраз, лазурит и др.
3. Органогенные ювелирные материалы (жемчуг, перламутр, янтарь, коралл и др.); геммологическая характеристика, методы диагностики.

Раздел 3. Модифицированные природные монокристаллы.

1. Облагораживание природных драгоценных монокристаллов. Методы модифицирования и диагностические признаки облагораживания, способы распознавания облагороженных камней.

Раздел 4. Искусственные аналоги природных монокристаллов и их имитации.

1. Промышленный рост искусственных аналогов природных монокристаллов, требования к выпускаемой продукции. Историческая справка о развитии промышленного синтеза и роста драгоценных камней, основные методы роста.
2. Области применения искусственных аналогов природных камней, их достоинства и преимущества перед природными камнями.
3. Наиболее широко распространенные искусственные ювелирные камни, их геммологическая характеристика, методы идентификации, ключевые диагностические признаки отличия искусственных ювелирных камней от природных. Фирмы-поставщики.
4. 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:	Разделы			
		1	2	3	4
	Знать:				
1	- современные методы исследования и диагностики ювелирных камней	+	+	+	+
2	- общие принципы классификации природных, драгоценных монокристаллических камней и знать их группы	+	+	+	+
3	- диагностические признаки и критерии природных и искусственных ювелирных монокристаллов	+	+	+	+
	Уметь:				
4	- пользоваться геммологическими приборами и определять свойства ювелирных камней.	+	+	+	+
5	определять качественные характеристики природных и искусственных монокристаллов визуально и методами детальных исследований	+	+	+	+
	Владеть:				
6	- навыками определения физических и химических свойств природных и искусственных ювелирных монокристаллов на макро- и микроуровне	+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
7	ПК-2. Способен изучать научно-техническую информацию, опыт по тематике исследования, выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау.	ПК-2.1. Знает современные подходы к научному исследованию; порядок выстраивания логических взаимосвязей между различными литературными источниками.	+	+	+
8	ПК-2.2. Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; выбирать метод научного исследования; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада.	ПК-2.2. Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; выбирать метод научного исследования; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада.	+	+	+

9		ПК-2.3. Владеет навыками обращения с научной и технической литературой; современными методами обработки данных	+	+	+	+
10	ПК-3. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники	ПК-3.1. Знает физико-химические основы работы приборов электронной техники, получения монокристаллов и материалов электроники и нанoeлектроники	+	+	+	+
11		ПК-3.2. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники	+	+	+	+
12		ПК-3.3. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники.	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению *18.03.01 Химическая технология, профиль «Химическая технология материалов электроники»* предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине *«Геммология»* в объеме 32 часов (1 зач. ед.). Практические занятия проводятся под руководством преподавателей и направлены на формирование понимания по применению теоретических знаний на практике и закреплению полученного навыка по использованию геммологического оборудования, и его особенностей; определение качественных характеристик технических и ювелирных кристаллов и материалов.

№ пп	Раздел	Темы практических занятий	Часы
1	1	Геммологические мини лаборатории: особенности использования, методы юстировки и контроля измеряемых параметров. Использование отдельных приборов и всего комплекса. Инструментальные методы детальных исследований технических и ювелирных кристаллов.	6
2		Определение цветовых характеристик ювелирных кристаллов по системе Gemset GIA и спектрометрические данные.	6
3	2	Определение качественных характеристик технических и ювелирных монокристаллов. Сравнительный анализ.	6
4	3	Модифицирование свойств кристаллов. Изменение цветовых и качественных характеристик природных и искусственных ювелирных камней физико-химическими методами. Практические приметы и опыт их применения.	7
5	4	Идентификация, ключевые диагностические признаки отличия искусственных и природных ювелирных камней и материалов.	7

6.2. Лабораторные занятия

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 18.03.01 Химическая

технология, профиль «Химическая технология материалов электроники» не предусмотрено проведение лабораторных работ по дисциплине «Геммология».

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины «Геммология» предусмотрена самостоятельная работа студента в объеме 80 акад. час. (в 8 семестре), выполнение реферата в объеме 16 акад. час. (в 8 семестре).

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

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- выполнение реферата;
- наработка навыка по определению ювелирных камней с применением геммологического оборудования;
- работа с учебной коллекцией ювелирных камней и материалов;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы и работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов таких как Gem & Gemology и др.;
- посещение отраслевых выставок – «Симфония самоцветов», «Самоцветный развал», «Недра», музеев соответствующего профиля – «Самоцветы», семинаров по геммологии и технологической геммологии, конференций различного уровня «Неделя горняка», «Новое в науках о земле» и т.д.;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике курса;
- подготовку к сдаче зачёта с оценкой (8 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. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается путем суммирования оценок за контрольные (четыре контрольные по разделам – по 10 баллов максимум за одну работу) реферативную работу (максимум 20 баллов) и ответ на зачете (максимум 40 баллов). Максимальная оценка зачета – 100 баллов.

8.1 Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Реферат оценивается из максимума в 20 баллов

1. Сертификация изумруда.
2. Природные и искусственные сапфиры. Сравнительный анализ.
3. Сапфиры-фэнси и их место на рынке ювелирных камней.

4. Нетрадиционные ювелирные камни.
5. Данбурит. Полный геммологический обзор.
6. Фенакит. Полный геммологический обзор.
7. Имитации бриллиантов и их диагностика.
8. Система оценки цвета в геммологии.
9. Жадеит. Классификация и оценочные критерии.
10. Ювелирные материалы органогенного происхождения.

8.2 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Текущий контроль знаний осуществляется посредством 4 контрольных работ, которые выполняются после прохождения соответствующего раздела дисциплины. Основная часть программы «Геммология», включающей 4 раздела, завершается зачетом с оценкой.

Контрольная 1 по темам 1 раздела. Ориентировочные краткие вопросы. Максимальная оценка – 10 баллов.

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 СИВЮ. Особенности и применение правил производства, торговли и оборота ювелирных камней в России. Отношение России к СИВЮ. Применение терминов в геммологии.
4. Физико-химические свойства природных драгоценных монокристаллов (цвет, блеск, твердость, плотность, оптические свойства, абсорбция, особенности), (микроскоп, иммерсионскоп, полярископ, рефрактометр, спектроскоп, дихроскоп, УФ-лампа)
5. 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.

Контрольная 2 по темам 2 раздела. Ориентировочные краткие вопросы. Максимальная оценка – 10 баллов.

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.
4. 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.

5. Ювелирные камни группы граната: разновидности, минералогическая характеристика, методы идентификации, месторождения. Сравнительный анализ природных и искусственных разновидностей. Признаки модифицирования разновидностей. Особенности торговли и рынков его разновидностей.

6. Ювелирные камни группы кварца и опалы: разновидности, минералогическая характеристика, методы идентификации, месторождения. Сравнительный анализ природных и искусственных разновидностей. Признаки модифицирования разновидностей. Особенности торговли и рынков его разновидностей.

7. Шпинель, хризоберилл, оливин. Характеристика, методы идентификации, месторождения. Природные камни и их искусственные аналоги.

8. Топаз, турмалин, диопсид. Характеристика, методы идентификации, месторождения. Природные камни и экспериментальные данные по попыткам их лабораторного получения.

9. Циркон, сподумен, полевые шпаты. Характеристика, методы идентификации, месторождения. Природные камни и экспериментальные данные по попыткам их лабораторного получения.

10. Нетрадиционные ювелирные камни (данбурит, фенакит, апатит и др.). Характеристика, методы идентификации, месторождения. Природные камни и экспериментальные данные по попыткам их лабораторного получения.

11. Ювелирно-поделочные и поделочные камни. Разновидности, минералогическая характеристика, методы идентификации, месторождения. Признаки модифицирования разновидностей. Особенности торговли и рынков их разновидностей. Искусственные аналоги.

12. Ювелирные камни органического происхождения. Разновидности, характеристика, методы идентификации. Процессы образования «камней» в живых организмах. Признаки модифицирования разновидностей. Особенности торговли и рынков их разновидностей. Искусственные, культивированные и имитации.

Контрольная 3 по темам 3 раздела. Ориентировочные краткие вопросы.
Максимальная оценка – 10 баллов.

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.

4. Облучение. Виды ионизирующего воздействия. Примеры облагораживания, механизм изменения цвета. Особенности методов и распространенность их применения на практике. Остаточная радиоактивность.

5. 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.

6. Результаты облагораживания ювелирных камней и материалов. Композиционные, гибридные и пр. материалы как результат модифицирования. Правила СИВЮ и маркировка облагороженных камней.

Контрольная 4 по темам 4 раздела. Ориентировочные краткие вопросы.
Максимальная оценка – 10 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. Примеры контрольных вопросов для оценки освоения дисциплины (8 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.
27. Основные группы искусственных ювелирных монокристаллов и материалов; определения, примеры.
28. Искусственные и природные стекла: номенклатура и характеристики.
29. Основная документация по оценке обработанных ювелирных камней.
30. Описание проведения геммологической экспертизы.
31. Цвет и чистота бриллиантов по GIA и по ТУ. Оценка стоимости бриллиантов и алмазного сырья
32. Определение цветовых параметров ювелирных камней по системе GIA
33. Включения в природных и искусственных ювелирных камнях
34. Рентгеноспектральный микроанализ (микрозонд) в геммологии
35. Спектрометрия комбинационного рассеяния (Рамановская спектроскопия) в геммологии
36. Спектрометрия ЭПР (электронный парамагнитный резонанс) в геммологии

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой

Зачёт с оценкой по дисциплине «Геммология» проводится в 8 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 1, 2, 3 и 4 рабочей программы дисциплины. Билет для *зачёта с оценкой* состоит из 2 вопросов (максимальная оценка за каждый вопрос – 20 баллов), относящихся к указанному разделам.

Пример билета для зачёта с оценкой

<p>«Утверждаю» Зав.кафедрой _____20__ И.Х. Аветисов _____</p>	<p>Министерство науки и высшего образования РФ</p>
	<p>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</p>
	<p>Кафедра химии и технологии кристаллов</p>
	<p>Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология Профиль «Химическая технология материалов электроники»</p>
	<p>Геммология</p>
<p>Билет № 1</p>	
<p>1. Генетическая классификация ювелирных камней и материалов.</p>	
<p>2. Определение цветовых параметров ювелирных камней по системе GIA.</p>	

9 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А) Основная литература

1. **Лившиц, В. Б.** Художественное материаловедение: ювелирные изделия: учебное пособие для академического бакалавриата / В. Б. Лившиц, В. И. Куманин, М. Л. Соколова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 216 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-05618-1. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://biblio-online.ru/bcode/439024> (дата обращения: 12.04.2023).

Б) Дополнительная:

1. Аеров Г.Д., Свириденко А.Ф., Коваленко И.В. Жадеит. —М.: Недра, 1992. -144с.
2. Андерсон Б.У. Определение драгоценных камней. М., Мир, 1983.
3. Балицкий В.С., Лисицына Е.Е. Синтетические аналоги и имитации природных драгоценных камней. М., Недра, 1981.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- 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

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 – 18;
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 26);
- 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.

Для освоения дисциплины используются следующие нормативные и нормативно-методические документы:

- Федеральный закон Российской Федерации от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102162745&intelsearch=273-%D4%C7> (дата обращения: 12.04.2023).
- Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://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: <https://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: <https://openedu.ru> (дата обращения: 12.04.2023).
- Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://window.edu.ru/> (дата обращения: 12.04.2023).
- ФЭПО: соответствие требованиям ФГОС [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://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 01.01.2023 составляет 1 727 628 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 «Геммология» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы студента.

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.

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:

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 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
<p>Раздел 1. Введение геммологию. Введение. Природные драгоценные монокристаллы как объект исследования геммологии, цели и задачи, методы исследования. Принципы классификации ювелирных материалов, современные классификации, СИВЮ. Свойств природных драгоценных монокристаллов, методы диагностики, приборы, аппаратура.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - пользоваться геммологическими приборами и определять свойства ювелирных камней. – определять качественные характеристики природных и искусственных монокристаллов визуально и методами детальных исследований. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками определения физических и химических свойств природных и искусственных ювелирных монокристаллов на макро- и микроуровне. 	<p>Оценка за контрольную работу №1</p> <p>Оценка за зачет с оценкой</p>
<p>Раздел 2. Природные ювелирные монокристаллы Природные драгоценные монокристаллы: геммологическая характеристика, методы идентификации, месторождения. Органогенные драгоценные материалы.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – -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 	<p>Оценка за контрольную работу №2</p> <p>Оценка за зачет с оценкой</p>

	<p>монокристаллов.</p> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - пользоваться геммологическими приборами и определять свойства ювелирных камней. – определять качественные характеристики природных и искусственных монокристаллов визуально и методами детальных исследований. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками определения физических и химических свойств природных и искусственных ювелирных монокристаллов на макро- и микроуровне. 	
<p>Раздел 3. Модифицированные природные монокристаллы Цель облагораживания природных драгоценных монокристаллов. Методы модифицирования и диагностические признаки облагораживания, способы распознавания облагороженных камней.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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 моно-кристаллов. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - пользоваться геммологическими приборами и определять свойства ювелирных камней. – определять качественные характеристики природных и искусственных монокристаллов визуально и методами детальных исследований. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками определения физических и химических свойств природных и искусственных ювелирных монокристаллов на макро- и микроуровне. 	<p>Оценка за контрольную работу №3</p> <p>Оценка за зачет с оценкой</p>

<p>Раздел 4. Модифицированные природные монокристаллы Промышленный рост искусственных аналогов природных монокристаллов, требования к выпускаемой продукции. Наиболее распространенные искусственные драгоценные монокристаллы, их геммологическая характеристика. Различные виды имитаций, способы их распознавания.</p>	<p>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.</p> <p>Умеет: - пользоваться геммологическими приборами и определять свойства ювелирных камней. – определять качественные характеристики природных и искусственных монокристаллов визуально и методами детальных исследований.</p> <p>Владеет: - навыками определения физических и химических свойств природных и искусственных ювелирных монокристаллов на макро- и микроуровне.</p>	<p>Оценка за контрольную работу №4</p> <p>Оценка за зачет с оценкой</p>
--	---	---

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).

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 <input type="radio"/>	Оптически анизотропный <input type="radio"/>	Двупреломляющийся агрегат <input type="radio"/>	Аномальное двупреломление <input type="radio"/>	
Коноскоп	Нет оптической фигуры <input type="radio"/>	Оптически одноосный <input type="radio"/>	Оптически двуосный <input type="radio"/>	Оптическая активность <input type="radio"/>	
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 <input type="radio"/>	Оптически двуосный <input type="radio"/>	Оптически отрицательный <input type="radio"/>	Оптически положительный <input type="radio"/>	
Микроскоп					
Дихроскоп	Плеохроизм отсутствует <input type="radio"/>	Сильный <input type="radio"/>	Цвета плеохроизма		
	Умеренный <input type="radio"/>	Слабый <input type="radio"/>			
Спектроскоп			Плотность, г/см ³		
			Метод		
○					
Результат исследований	Правильно <input type="radio"/>	Результат		Правильно <input type="radio"/>	
	Неправильно			Неправильно	

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Геммология»
основной образовательной программы**

18.03.01 «Химическая технология»

Профиль – «Химическая технология материалов электроники»

«Основная образовательная программа высшего образования – программа бакалавриата»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № 1 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.

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

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе



Ф.А. Колоколов

« 01 » 09 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Использование диаграмм фазовых равновесий при синтезе материалов
электроники и фотоники»

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
(Код и наименование направления подготовки)

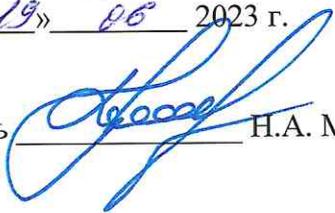
Профиль подготовки – «Химическая технология материалов электроники»
(Наименование профиля подготовки)

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии

РХТУ им. Д.И. Менделеева

« 19 » 06 2023 г.

Председатель  Н.А. Макаров

Москва 2023

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)

«16» мая 2023 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, профиль «Химическая технология материалов электроники», рекомендациями Методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Программа относится к вариативной части учебного плана, к блоку дисциплин по выбору и рассчитана на изучение дисциплины в 8 семестре обучения. Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общей химии, математики, физики, физической химии, кристаллографии. Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общей химии, математики, физики, физической химии, кристаллографии и кристаллооптики.

Цель дисциплины – изучение электронных процессов в твёрдых телах, а также в вакууме, газах, на границах раздела сред и принципов построения и работы электронных приборов различного назначения. Это одна из основных теоретических дисциплин специальности, ибо без знаний физики процессов в приборах невозможны сознательные и эффективные подходы к разработке и организации технологий в сфере производства изделий электронной техники.

Задачи дисциплины – формирование у студентов бакалавриата представлений о топологии диаграмм фазовых равновесий и использования этой информации при разработке технологий материалов на основе фаз химических соединений с контролируемым отклонением от стехиометрии.

Дисциплина *«Использование диаграмм фазовых равновесий при синтезе материалов электроники и фотоники»* преподаётся в 8 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

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 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 изучать научно-техническую информацию, опыт по тематике исследования, выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау	ПК-2.1. Знает современные подходы к научному исследованию; порядок выстраивания логических взаимосвязей между различными литературными источниками.	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 40.011 «СПЕЦИАЛИСТ ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИМ РАБОТКАМ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04 марта 2014 года N 121н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5 Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок (уровень квалификации – б).
			ПК-2.2. Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; выбирать метод научного исследования; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада.	
			ПК-2.3. Владеет навыками обращения с научной и технической литературой; современными методами обработки данных	
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового,	Химическое, химико-технологическое производство;	ПК-3. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы	ПК-3.1. Знает физико-химические основы работы приборов электронной техники, получения монокристаллов и материалов электроники и нанoeлектроники.	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке

<p>теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.</p>	<p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>в области получения и использования материалов и приборов электронной техники и наноэлектроники</p>	<p>ПК-3.2. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и наноэлектроники</p> <p>ПК-3.3. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и наноэлектроники.</p>	<p>труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.</p> <p>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 D. Техническая подготовка технологической базы производства приборов квантовой электроники и фотоники. D/04.6 Приведение функциональных возможностей оборудования в соответствие специфическим требованиям процессов нанотехнологии (уровень квалификации – 6).</p> <p>Профессиональный стандарт 40.011 «СПЕЦИАЛИСТ ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИМ РАЗРАБОТКАМ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04 марта 2014 года N 121н, Обобщенная трудовая функция</p>
---	--	--	--	--

				<p>А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5 Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок (уровень квалификации – 5).</p> <p>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 июля 2014 года N 446н, Обобщенная трудовая функция D. Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий. D/02.6 Разработка технических требований к модернизации технологических линий с целью реализации концепции производства и оптимизации технологических процессов с учетом требований систем менеджмента D/04.6 Разработка методик и техническое руководство экспериментальной проверкой технологических процессов и исследованием параметров наноструктурированных материалов (уровень квалификации – 6).</p>
--	--	--	--	---

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- термодинамические основы построения диаграмм фазовых равновесий;
- классификация основных типов диаграмм и взаимосвязь между ними;
- топологические особенности диаграмм с фазами химических соединений.

Уметь:

- анализировать первичную информацию для построения диаграмм фазовых равновесий;
- проводить оценку достоверности экспериментальных данных для разнородных диаграмм фазовых равновесий;
- согласовывать разнородные диаграммы
- достраивать недостающие проекции и сечения по кусочно-отрывочной информации и разнородным экспериментальным данным.

Владеть:

- терминологией при формировании словесного описания Р-Т-х диаграмм
- навыками построения Р-Т-х диаграмм бинарных систем, Р-Т, Т-Х и Р-Х проекций и сечений;
- навыками анализа ошибок при построении Р-Т-х диаграмм бинарных систем, Р-Т, Т-Х и Р-Х проекций и сечений на основе экспериментальных данных.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

32-0-32-80

Вид учебной работы	Всего	
	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	8	216
Контактная работа – аудиторные занятия:	4	96
в том числе в форме практической подготовки	0,5	9
Лекции	2	32
Практические занятия (ПЗ)	2	32
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
в том числе в форме практической подготовки	0	0
Самостоятельная работа	3	80
Контактная самостоятельная работа	2,25	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		72,45
Домашняя работа	0,25	6,75
Реферат	0,5	13,5
Виды контроля:		
Зач. с оценкой		
Вид итогового контроля:	зачет с оценкой	

Вид учебной работы	Всего	
	ЗЕ	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	8	216
Контактная работа – аудиторные занятия:	4	96
в том числе в форме практической подготовки	0,5	9
Лекции	2	24

Практические занятия (ПЗ)	2	24
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
в том числе в форме практической подготовки	0	0
Самостоятельная работа	3	60
Контактная самостоятельная работа	2,25	0,23
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		54,34
Домашняя работа	0,25	5,06
Реферат	0,5	10,12
Виды контроля:		
Зач. с оценкой		
Вид итогового контроля:	зачет с оценкой	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек-ции	Прак. Зан.	Лаб. работы	Сам. работа
1	Раздел 1. Термодинамические условия устойчивости фаз	32	6	6	0	20
2	Раздел 2. Общие сведения о диаграммах состояния	40	10	10	0	20
3	Раздел 3. Основные типы невариантных равновесий в бинарных системах	36	8	8	0	20
4	Раздел 4. Р-Т-Х-У диаграммы тройных систем	36	8	8	0	20
	ИТОГО	144	32	32	0	80

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Термодинамические условия устойчивости фаз.

Понятие квазистатического процесса. Уравнение Гиббса-Дюгема. Гетерогенная система. Условия равновесия фаз в гетерогенной системе. Интенсивные и экстенсивные параметры. Сопряженные параметры. Вариантность гетерогенной системы. Уравнения связи. Условия устойчивого равновесия фазы и гетерогенной системы.

Раздел 2. Общие сведения о диаграммах состояния.

Физико-химическая сущность диаграммы состояния. Система координат. Вариантность систем, изображаемых на диаграмме состояния. Номенклатура диаграмм состояния. Цели качественного анализа диаграмм состояния.

Диаграммы состояния в координатах «интенсивный параметр 1 – интенсивный параметр 2». Вариантность систем, изображаемых линией и точкой. Общий вид диаграммы состояния. Число линий, исходящих из невариантной точки. Взаимное расположение линий, выходящих из невариантной точки. Правило Срейнемакерса. Соотношение между экстенсивными параметрами в точке экстремума линии. Точка обрыва линии.

Диаграммы состояния в координатах «интенсивный параметр – экстенсивный параметр». Вариантность систем, изображаемых на диаграмме. Определение конноды. Расчет числа линий на диаграммах.

Раздел 3. Основные типы невариантных равновесий в бинарных системах.

Нонвариантные равновесия 1 типа. Нонвариантные равновесия 2 типа. Нестехиометрические фазы и их отображение на P-X и P-T диаграммах. P-T-X диаграммы как совокупность закономерностей, определяющих условия синтеза кристаллов желаемого состава. Термодинамический анализ причин, определяющих вид области гомогенности и ее положение на диаграмме состояния.

Раздел 4. P-T-X-U диаграммы тройных систем.

Основные сведения о свойствах треугольника Гиббса. Построение изотермических сечений P-T-X-U диаграммы тройной системы. Моновариантный треугольник. Особенности триангуляция при построении изотермических сечений T-X-U проекции P-T-X-U диаграммы тройной системы.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать:					
1	- термодинамические основы построения диаграмм фазовых равновесий;		+	+		
2	- классификация основных типов диаграмм и взаимосвязь между ними;		+	+	+	
3	- топологические особенности диаграмм с фазами химических соединений.			+		+
	Уметь:					
4	- анализировать первичную информацию для построения диаграмм фазовых равновесий;		+	+		
5	- проводить оценку достоверности экспериментальных данных для разнородных диаграмм фазовых равновесий;			+		
6	- согласовывать разнородные диаграммы;			+	+	
7	- достраивать недостающие проекции и сечения по кусочно-отрывочной информации и разнородным экспериментальным данным;			+	+	+
	Владеть:					
8	- терминологией при формировании словесного описания Р-Т-х диаграмм		+	+	+	+
9	- навыками построения Р-Т-х диаграмм бинарных систем, Р-Т, Т-Х и Р-Х проекций и сечений			+	+	+
10	- навыками анализа ошибок при построении Р-Т-х диаграмм бинарных систем, Р-Т, Т-Х и Р-Х проекций и сечений на основе экспериментальных данных					+
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-2. Способен изучать научно-техническую информацию, опыт по тематике исследования, выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его	ПК-2.1. Знает современные подходы к научному исследованию; порядок выстраивания логических взаимосвязей между различными литературными источниками.	+			+
12	осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау	ПК-2.2. Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; выбирать метод научного исследования; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада.		+	+	+
13		ПК-2.3. Владеет навыками обращения с научной и технической литературой; современными методами обработки данных			+	+
14	ПК-3. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в	ПК-3.1. Знает физико-химические основы работы приборов электронной техники, получения монокристаллов и материалов электроники и наноэлектроники.		+	+	+

15	области получения и использования материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники	ПК-3.2. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники			+	+
16		ПК-3.3. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники.			+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 18.03.01 Химическая технология, профиль «Химическая технология материалов электроники» предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине «Использование диаграмм фазовых равновесий при синтезе материалов электроники и фотоники» в объеме 32 часа (1 зач. ед.). Практические занятия проводятся под руководством преподавателей и направлены на углубление теоретических знаний, полученных студентом на лекционных занятиях, расширение знаний в области теории кристаллизации.

Примерный перечень практических занятий

№ пп	Раздел	Темы практических занятий	Часы
1	1	Построение согласованных Т-Х и Р-Х проекций по известной Р-Т проекции бинарной системы	8
2	2	Построение Р-Т, Т-Х и Р-Х-проекций по текстовому описанию	8
3	3	Расчет процессов кристаллизации, исходя из анализа топологии Т-Х сечения бинарной системы	8
4	4	Построение изотермических Т-Х-У-сечений Р-Т-Х-У-диаграммы тройной системы	8

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по данной дисциплине не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «Использование диаграмм фазовых равновесий при синтезе материалов электроники и фотоники» предусмотрена самостоятельная работа студента в объеме 80 акад. час., в том числе самостоятельное изучение разделов дисциплины и выполнение домашних заданий в объеме 50 акад. час., выполнение расчетной работы по дисциплине в объеме 20 акад. час., подготовку реферата по дисциплине в объеме 10 акад. час.

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

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- выполнение расчетной работы по тематике дисциплины;
- подготовку реферата на основе проработки рекомендованной литературы и работы с электронно-библиотечными системами;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к сдаче зачета 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 учебной программе. При работе с указанными

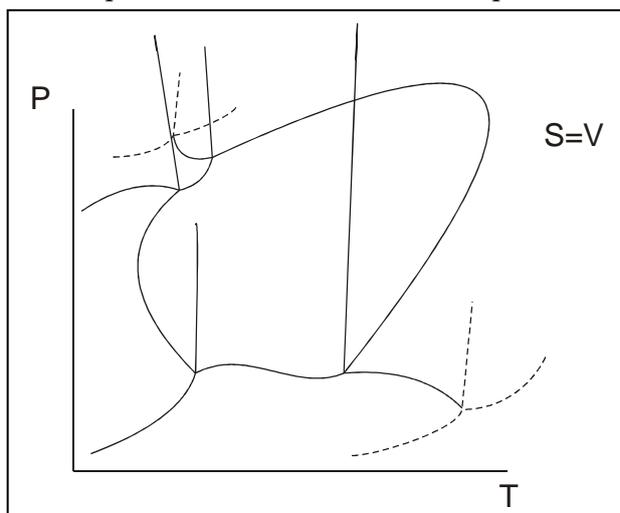
источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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 – 50 баллов.

Тематика расчетной работы: «Построение T-X, P-X проекций и T-X, P-X сечений бинарных диаграмм, составляющих тройную P-T-X-Y диаграмму и построение изотермических сечений T-X-Y проекции тройной системы».



Задание № 1

Построить изотермические сечения T-x-y проекции и P-T проекцию тройной системы A-B-C (линии пара можно не показывать) и недостающие P-T и T-X проекции образующих тройную систему бинарных систем.

Бинарная система A-B представлена следующей P-T проекцией. Температура конгруэнтного плавления фазы АВ 1600 К. Температуры полиморфных перитектоидных реакций при полиморфных переходах составляют 900 К (со стороны избытка А) и 910 К (со стороны избытка В). Температуры инвариантных равновесий между чистыми

компонентами и фазой АВ отличаются на 100 К от температур тройных точек чистых компонентов.

Бинарная система В-С с двумя химическими соединениями: ВС, плавящимся конгруэнтно (1500 К) и сублимирующем инконгруэнтно (1495 К), СВ₂, плавящимся инконгруэнтно (1000 К) и сублимирующем инконгруэнтно.

При этом со стороны компонента С эвтектическое равновесие вырождается при температуре на 1 К ниже температуры плавления компонента С (400 К). Со стороны компонента В имеет место перитектическое равновесие на 100 К превышающее температуру плавления чистого компонента В (700 К). Между фазой СВ и компонентом С имеет место монотектическое равновесие при температуре на 400 К превышающую температуру плавления компонента С. Тройная точка С по давлению лежит ниже тройных точек А и В.

В бинарной системе А-С со стороны обоих компонентов наблюдаются эвтектические равновесия, температура которых на 100 К ниже температур плавления чистых компонентов (температура плавления компонента А 950 К). В интервале составов 30-70 моль% имеет место ограниченный твердый раствор, который при температуре 1100 К прекращает свое существование в результате синтектического равновесия. Последнее имеет экстремум ликвидуса при температуре 1400 К.

В тройной системе образуются следующие тройные химические соединения.

Высокотемпературная полиморфная модификация фазы АВС₂ плавится конгруэнтно при 1750 К. Полиморфный переход протекает при температурах на 200 К ниже температур плавления бинарных фаз АВ и СВ по перитектоидным реакциям со стороны всех компонентов. Низкотемпературная полиморфная модификация существует вплоть до самых низких температур. Между фазами бинарных соединений и фазой АВС₂ устанавливаются эвтектические равновесия с температурами на 150 К ниже температур

плавления бинарных фаз АВ и СВ.

Фаза АВЗС существует в интервале температур от температуры конгруэнтного плавления 1480 до 900 К. Ниже этой температуры устанавливается равновесие между фазой В2С и фазой А2В4С. Последняя плавится инконгруэнтно при 1040К и существует вплоть до самых низких температур. Между фазой А2В4С и фазой СВ2 при 700 К устанавливается эвтектическое равновесие. При этом тройная эвтектика смещена на 50 мол.% в сторону компонента В от сечения АС- СВ2.

8.2. Примерная тематика рефератов

Реферат по дисциплине выполняется в 8 семестре в часы, выделенные учебным планом на самостоятельную работу. Максимальная оценка реферата – 10 баллов.

Примерная тематика реферата:

- Автоматизированные системы для построения и анализа диаграмм фазовых равновесий.
- Современные базы данных по диаграммам фазовых равновесий.
- Способы представления информации о фазовых равновесиях в многокомпонентных химических системах.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (8 семестр – зачет с оценкой).

Итоговый контроль – зачет с оценкой

Итоговый контроль проводится в форме устного опроса (зачет с оценкой). Билет для проведения зачета с оценкой содержит 2 вопроса. Максимальная оценка за каждый вопрос – 20 баллов. Общая оценка зачета складывается путем суммирования оценок за расчетно-реферативную работу (максимум 50 баллов), реферат (максимум 10 баллов) и ответ на зачете с оценкой (максимум 40 баллов). Максимальная оценка зачета с оценкой – 100 баллов.

Примеры контрольных вопросов

1. Основные понятия при анализе диаграмм фазовых равновесий в рамках химической термодинамики.
2. Условия равновесия фаз.
3. Правило фаз Гиббса.
4. Аналитическое описание двухфазных равновесий в одно- и двухкомпонентных системах.
5. Законы Коновалова.
6. Законы Вревского.
7. Аналитическое описание трехфазных равновесий в двухкомпонентной системе.
8. $P-T$ диаграмма состояния однокомпонентной системы.
9. Объемная $P-T-x$ диаграмма двухкомпонентной системы. Идеальные системы.
10. $P-T$, $T-x$ и $P-x$ -проекция $P-T-x$ диаграммы двухкомпонентной системы.
11. $(T-x)_P$ -и $(P-x)_T$ –сечения $P-T-x$ диаграммы двухкомпонентной системы.
12. Конденсированные и неконденсированные системы. Сопоставление терминов « $T-x$ -проекция», « $T-x$ диаграмма», « $(T-x)_P$ -сечение», «Диаграмма плавкости».
13. Конгруэнтные и инконгруэнтные фазы. Конгруэнтные и инконгруэнтные фазовые процессы.
14. $P-T-x$ диаграмма двухкомпонентной системы, не образующей химическое соединение и с неограниченной растворимостью во всех фазах. Неидеальные системы. Двухфазные равновесия.
15. Расслаивание. Эвтектические и перитектические системы.

16. $P-T-x$ диаграмма состояния двухкомпонентной системы, не образующей химическое соединение и с ограниченной растворимостью в твердых фазах.
17. Понятия «стехиометрия», «отклонение от стехиометрии», «область гомогенности».
18. Нестехиометрия и дефекты кристаллических соединений.
19. Факторы, определяющие величину области гомогенности.
20. Положение стехиометрического состава относительно центра области гомогенности.
21. $P-T-x$ диаграмма двухкомпонентной системы, образующей химическое соединение.
22. $T-x$ - проекция $P-T-x$ диаграммы состояния двухкомпонентной системы, образующей химическое соединение.
23. Вывод $T-x$ - проекции с помощью $G-P-T-x$ диаграммы.
24. Нонвариантные точки трехфазного равновесия «твердое соединение S_{AB} + расплав + пар».
25. Несовпадение состава фаз при максимальной температуре плавления бинарного химического соединения АВ
26. Конгруэнтные и инконгруэнтные фазы. Конгруэнтные и инконгруэнтные фазовые процессы с участием химического соединения АВ.
27. $P-T$ -проекция $P-T-x$ диаграммы двухкомпонентной системы, образующей конгруэнтно плавящееся химическое соединение.
28. Линии конгруэнтной сублимации $S_{AB}=V$ и конгруэнтного плавления $S_{AB}=L$.
29. $P-x$ -проекция $P-T-x$ диаграммы двухкомпонентной системы, образующей конгруэнтно плавящееся химическое соединение.
30. Изобарические $(T-x)_P$ -сечения $P-T-x$ диаграммы двухкомпонентной системы, образующей конгруэнтно плавящееся химическое соединение.
31. Изотермические $(P-x)_T$ -сечения $P-T-x$ диаграммы двухкомпонентной системы, образующей конгруэнтно плавящееся химическое соединение.
32. Типы $P-T-x$ диаграмм состояния систем, образующих конгруэнтно плавящееся соединение АВ.
33. $P-T-x$ диаграмма двухкомпонентной системы, образующей инконгруэнтно плавящееся соединение АВ.
34. $T-x$ -проекция $P-T-x$ диаграмма двухкомпонентной системы, образующей инконгруэнтно плавящееся соединение АВ.
35. $P-T$ - и $P-x$ -проекции $P-T-x$ диаграмма двухкомпонентной системы, образующей инконгруэнтно плавящееся соединение АВ.
36. $(P-x)_T$ - и $(T-x)_P$ - сечения $P-T-x$ диаграмма двухкомпонентной системы, образующей инконгруэнтно плавящееся соединение АВ.
37. Типы $P-T-x$ диаграмм двухкомпонентных систем, образующих инконгруэнтно плавящееся соединение.
38. Диаграмма парциальное давление компонентов – температура – состав двухкомпонентной системы, образующей соединение.
39. Концентрационная зависимость парциальных давлений компонентов в области гомогенности твердой фазы S_{AB} . $(p_i-x)_T$ - и $(P_{общ}-x)_T$ -сечения.
40. Типы твердых фаз в трехкомпонентных системах.
41. $T-x-y$ диаграмма трехкомпонентной системы $A-B-C$ с неограниченной растворимостью в твердой и жидкой фазах.
42. Строение пространственной $T-x-y$ проекции $P-T-x-y$ диаграммы.
43. Фазовые диаграммы трехкомпонентных систем, не образующих химических соединений и с ограниченной растворимостью в твердой фазе (диаграммы с простой эвтектикой)

8.4. Структура и пример билетов к экзамену

Билет к зачету состоит из 2 вопросов. Первый вопрос билета предусматривают развернутые ответы студента по разделу 1 или 2, второй – по разделу 3 или 4. Ответы на вопросы билета оцениваются из 40 баллов (максимальная оценка) следующим образом: первый вопрос – максимально по 20 баллов, второй вопрос – максимально 20 баллов. Общая оценка экзамена складывается путем суммирования оценок текущего контроля по разделу 1 и ответа на зачете. Максимальная оценка на зачете – 100 баллов.

Пример билета к зачету

<p>«Утверждаю» Зав.кафедрой _____20__ И.Х. Аветисов _____</p>	<p>МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ</p>
	<p>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</p>
	<p>Кафедра химии и технологии кристаллов</p>
	<p>Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология Профиль «Химическая технология материалов электроники»</p>
	<p>Использование диаграмм фазовых равновесий при синтезе материалов электроники и фотоники</p>
<p>Билет № 1</p> <p>1. Конгруэнтные и инконгруэнтные фазы. Конгруэнтные и инконгруэнтные фазовые процессы с участием химического соединения АВ.</p> <p>2. $T-x-y$ диаграмма трехкомпонентной системы $A-B-C$ с неограниченной растворимостью в твердой и жидкой фазах.</p>	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. И.Х. Аветисов, Е.Н. Можевитина О.Б. Петрова, Построение Р-Т-х диаграмм фазовых равновесий. Задачник, М., РХТУ, 2014, 68 с.

Б. Дополнительная литература

1. Ковтуненко П.В. Физическая химия твердого тела. Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1993, 352 с.
2. Готтштайн Г. Физико-химические основы материаловедения. М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2011 400с

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

- Физика твердого тела. ISSN 0367-3294
- Оптический журнал. ISSN 1023-5086
- Компоненты и технологии ISSN 2079-6811
- Фотоника ISSN 1993-7296
- Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники ISSN 1609-3577
- Optical materials ISSN 0925-3467

- Applied physics B: Lasers and optics ISSN 0946-2171
- Advanced materials for optics and electronics ISSN 1057-9257
- Advanced electronic materials ISSN 2199-160x
- Russian microelectronics ISSN 0098-6658
- 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

- <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://lcweb.loc.gov> - Библиотека Конгресса США
- <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека
- <http://www.intechopen.com/> - In Tech. Open Science
- <http://www.scirp.org/journal/Index.aspx> - Scientific research. Open Access
- <http://www.nanonewsnet.ru/> - Нанотехнологии Nano news net | Сайт о нанотехнологиях #1 в России
- <http://www.portalnano.ru/> - Нанотехнологии и наноматериалы. Федеральный интернет-портал
- <http://nano-portal.ru/> - Нано Портал - Нанотехнологии России
- <http://www.nanometer.ru/> - "Нанометр" - нанотехнологическое сообщество
- <http://www.nsknano.ru/> - Новосибирские Наноматериалы
- <http://plasma.karelia.ru/pub/nano-kurs/> - «Нано Технологии»
- <http://www.sciyo.com> - Welcome to Sciyo! Read, download & share more than 273 FREE SCIENTIFIC BOOKS
- <http://bookfi.org/g/> - BookFinder. Самая большая электронная библиотека рунета. Поиск книг и журналов
- <http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - Сайт ФИПС. Информация о патентах
- <http://abc-chemistry.org/ru/> - ABC-Chemistry: Бесплатная научная химическая информация
- http://www.twirpx.com/files/chidnustry/chemistry_tech/silicate/ - Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов
- <http://www.superhimik.com/forum.htm> - Золотые купола химии
- <http://www.centerprioritet.ru> – СМЦ «Приоритет» - техническая документация исследований (ИКСИ) – заказ литературы, русскоязычные издания
- <http://www.14000.ru> - Информационный сайт по системам экологического менеджмента, энерго- и ресурсоэффективным технологиям производства
- <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
- <http://findebookee.com/> - поисковая система по книгам

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 13, (общее число слайдов – 418);

– банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 43).

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 01.01.2023 составляет 1 727 628 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 «Использование диаграмм фазовых равновесий при синтезе материалов электроники и фотоники» проводятся в форме лекций, практических и самостоятельной работы студента.

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:

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

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; 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.

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Термодинамические условия устойчивости фаз.	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - термодинамические основы построения диаграмм фазовых равновесий; - классификация основных типов диаграмм и взаимосвязь между ними; <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - терминологией при формировании словесного описания Р-Т-х диаграмм 	<p>Оценка за расчетную работу</p> <p>Оценка за реферат</p> <p>Оценка за зачет с оценкой</p>
Раздел 2. Общие сведения о диаграммах состояния	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - термодинамические основы построения диаграмм фазовых равновесий; - классификация основных типов диаграмм и взаимосвязь между ними; - топологические особенности диаграмм с фазами химических соединений. <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать первичную информацию для построения диаграмм фазовых равновесий; - проводить оценку достоверности экспериментальных данных для разнородных диаграмм фазовых равновесий; - согласовывать разнородные диаграммы - достраивать недостающие проекции и сечения по кусочно-отрывочной информации и разнородным экспериментальным данным. <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - терминологией при формировании словесного описания Р-Т-х диаграмм - навыками построения Р-Т-х диаграмм бинарных систем, Р-Т, Т-Х и Р-Х проекций и сечений; 	<p>Оценка за расчетную работу</p> <p>Оценка за реферат</p> <p>Оценка за зачет с оценкой</p>
Раздел 3. Основные типы невариантных равновесий	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - классификация основных типов диаграмм и взаимосвязь между ними; <p><i>Умеет:</i></p>	<p>Оценка за расчетную работу</p> <p>Оценка за реферат</p> <p>Оценка за зачет с</p>

бинарных системах	<ul style="list-style-type: none"> - согласовывать разнородные диаграммы - достраивать недостающие проекции и сечения по кусочно-отрывочной информации и разнородным экспериментальным данным. <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - терминологией при формировании словесного описания Р-Т-х диаграмм - навыками построения Р-Т-х диаграмм бинарных систем, Р-Т, Т-Х и Р-Х проекций и сечений; 	оценкой
Раздел 4. Р-Т-Х-У диаграммы тройных систем	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - топологические особенности диаграмм с фазами химических соединений. <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить оценку достоверности экспериментальных данных для разнородных диаграмм фазовых равновесий; - достраивать недостающие проекции и сечения по кусочно-отрывочной информации и разнородным экспериментальным данным. <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - терминологией при формировании словесного описания Р-Т-х диаграмм - навыками построения Р-Т-х диаграмм бинарных систем, Р-Т, Т-Х и Р-Х проекций и сечений; - навыками анализа ошибок при построении Р-Т-х диаграмм бинарных систем, Р-Т, Т-Х и Р-Х проекций и сечений на основе экспериментальных данных. 	Оценка за расчетную работу Оценка за реферат Оценка за зачет с оценкой

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
«Физическая электроника и электронные приборы»
основной образовательной программы**

18.03.01 «Химическая технология»

Профиль – «Химическая технология материалов электроники»

«Основная образовательная программа высшего образования – программа бакалавриата»

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»

«УТВЕРЖДАЮ»



Проректор по учебной работе

Ф.А. Колоколов

01 » 09

2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

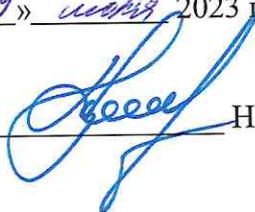
«Физическая химия идеального кристалла. Кристаллография»

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
(Код и наименование направления подготовки)

Профиль подготовки – «Химическая технология материалов электроники»
(Наименование профиля подготовки)

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
«19» марта 2023 г.

Председатель  Н.А. Макаров

Москва 2023

Программа составлена:

Доцентом кафедры химии и технологии кристаллов, к.т.н. П.П. Файковым

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

(Наименование кафедры)

«16» мая 2023 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология (ФГОС ВО) профиль «Химическая технология материалов электроники», рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «*Физическая химия идеального кристалла. Кристаллография*» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана, к блоку обязательных Б1.В.ОД.5 дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области теоретическую и практическую подготовку в области общей химии, математики и физики.

Цель дисциплины – формирование у студентов представления о внутреннем строении кристаллических материалов, взаимосвязи внутреннего строения с внешней формой и физико-химическими свойствами для создания материалов электронной техники и наноэлектроники. Это одна из основных теоретических дисциплин специальности, так как без знания взаимосвязи внутреннего строения с свойствами материалов невозможны сознательные и эффективные подходы к разработке и организации технологий в сфере производства изделий электронной техники.

Задачи дисциплины – изучение основных понятий кристаллографии, кристаллохимии; освоение общих принципов классификации и описания кристаллических структур; формирование представлений физико-химических свойствах кристаллических веществ и их взаимосвязи с внутренней структурой.

Дисциплина «*Физическая химия идеального кристалла. Кристаллография*» преподается в 4 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

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

(Из соответствующего УП с учетом подходящего уровня квалификации из Профстандарта, например):

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				
<p>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.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство;</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-3. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования материалов и приборов электронной техники и наноэлектроники</p>	<p>ПК-3.1. Знает физико-химические основы работы приборов электронной техники, получения монокристаллов и материалов электроники и наноэлектроники.</p> <p>ПК-3.2. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и наноэлектроники.</p>	<p>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.</p> <p>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 D. Техническая подготовка технологической базы производства приборов квантовой электроники и фотоники. D/04.6 Приведение функциональных</p>

				<p>возможностей оборудования в соответствии с конкретными требованиями процессов нанотехнологии (уровень квалификации – 6).</p> <p>Профессиональный стандарт 40.011 «СПЕЦИАЛИСТ ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИМ РАЗРАБОТКАМ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04 марта 2014 года N 121н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5 Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок (уровень квалификации – 5).</p> <p>Профессиональный стандарт 40.037 «СПЕЦИАЛИСТ ПО РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРИБОРОВ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И ФОТНИКИ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10 июля 2014 года N 446н, Обобщенная трудовая функция D. Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий.</p>
--	--	--	--	--

				<p>D/02.6 Разработка технических требований к модернизации технологических линий с целью реализации концепции производства и оптимизации технологических процессов с учетом требований систем менеджмента</p> <p>D/04.6 Разработка методик и техническое руководство экспериментальной проверкой технологических процессов и исследованием параметров наноструктурированных материалов (уровень квалификации – 6).</p>
Технологический тип задач профессиональной деятельности				
<p>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.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство;</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ</p>	<p>ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом.</p>	<p>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.</p> <p>Профессиональный стандарт 26.017 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПОДГОТОВКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ PVD-ПОКРЫТИЙ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 августа 2017 г. N 644н, Обобщенная трудовая функция С. Организация производственного</p>

				<p>процесса нанесения наноструктурированного PVD-покрытия.</p> <p>C/05.6. Контроль соблюдения технологических процессов на участке PVD-покрытий (уровень квалификации – 6).</p> <p>Профессиональный стандарт 40.037 «СПЕЦИАЛИСТ ПО РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРИБОРОВ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И ФОТНИКИ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10 июля 2014 года N 446н,</p> <p>Обобщенная трудовая функция D. Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий.</p> <p>D/02.6 Разработка технических требований к модернизации технологических линий с целью реализации концепции производства и оптимизации технологических процессов с учетом требований систем менеджмента</p> <p>D/04.6 Разработка методик и техническое руководство экспериментальной проверкой технологических процессов и исследованием параметров наноструктурированных материалов (уровень квалификации – 6).</p>
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- основные законы ограничения кристаллов, элементы и теоремы симметрии, основные типы кристаллических структур;
- о связи симметрии внутреннего строения кристаллического вещества и симметрии его физических свойств, в том числе симметрии внешнего облика;
- основные категории кристаллохимии и соотношения между ними.

Уметь:

- определять точечную группу симметрии и простые формы граней кристалла;
- использовать законы кристаллографии при определении симметрии кристалла;
- сопоставлять особенности строения кристалла с предполагаемыми свойствами материала для электронной техники и нанoeлектроники

Владеть:

- теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов и положения в Периодической системе химических элементов, экспериментальными методами определения физических и химических свойств неорганических соединений
- качественным и количественным навыком описания строения и свойств кристаллов, обусловленных их внешней и внутренней симметрией и кристаллохимическими особенностями структуры

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	32	24
Лекции	0,5	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,5	16	12
Самостоятельная работа	1	40	30
Контактная самостоятельная работа	1	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		39,6	29,7
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:	Зач с оц		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лекции	Прак. зан.	Лаб. работы	Сам. работа
1	Кристаллография.	36	8	8	0.	20
	1.1. Введение.	2	0,5	0,5	0.	1
	1.2. Основные законы ограничения кристаллов	7	1,5	1,5	0.	3,8
	1.3. Кристаллографические проекции кристаллов.	7	1,5	1,5	0.	3,8
	1.4. Симметрия кристаллов. Точечные группы симметрии.	7	1,5	1,5	0.	3,8
	1.5. Симметрия внешнего облика кристаллов.	7	1,5	1,5	0.	3,8
	1.6. Элементы симметрии кристаллических структур.	7	1,5	1,5	0.	3,8
2	Основы кристаллохимии	36	8	8	0	20
	2.1. Кристаллохимические характеристики структуры.	7	1,5	1,5	0	4
	2.2. Критерии устойчивости существенно ионных кристаллов.	7	1,5	1,5	0.	4
	2.3. Теория плотнейших упаковок и ее использование при описании структур кристаллов.	7	1,5	1,5	0	4
	2.4. Основные категории кристаллохимии и соотношения между ними.	7	1,5	1,5	0	4
	2.5. Изоморфизм и полиморфизм.	8	2	2	0	4
	ИТОГО	72	16	16	0	40
	Экзамен (если предусмотрен УП)	36				
	ИТОГО	108				

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Кристаллография.

1.1. Введение.

Предмет кристаллографии, ее место среди других естественных наук. Общая характеристика кристаллического состояния. Монокристаллы, поликристаллы, текстуры, жидкие кристаллы. Макроскопические характеристики кристаллов - однородность, анизотропия, симметрия, способность к самоограничению. Понятие габитуса кристалла. Элементы пространственной решетки кристаллов: узел, ряд, плоская сетка.

1.2. Основные законы ограничения кристаллов.

Симметрия внешнего облика и внутреннего строения кристалла; огранка кристалла, кристаллическая решетка. Символы граней и направлений в кристалле. Индексы Миллера, параметры Вейсса. Закон постоянства углов (Н. Стенона). Закон рациональных параметров, закон Гаюи, закон Браве.

1.3. Кристаллографические проекции кристаллов.

Понятие полярного комплекса. Сферическая проекция. Стереографическая проекция. Гномостереографическая проекция. Определение символов граней и ребер. Закон зон.

1.4. Симметрия кристаллов. Точечные группы симметрии.

Понятие о симметрии. Элементы симметрии конечных фигур: плоскость симметрии, центр инверсии, простые поворотные, инверсионные и зеркально-поворотные оси симметрии. Теоремы о сложении элементов симметрии. Аналитическая запись преобразований симметрии. Точечные группы симметрии: единичные и симметрично-равные направления. Кристаллографические категории, сингонии. Вывод 32 точечных групп симметрии. Классы симметрии кристаллов. Кратность групп симметрии. Символика групп симметрии: учебная, международная, Шенфлиса. Кристаллографическая система координат.

1.5. Симметрия внешнего облика кристаллов.

Формы кристаллов. Частная и общие простые формы кристаллов. Открытые и закрытые простые формы. Простые формы кристаллов низшей категории. Простые формы кристаллов средней категории. Простые формы кристаллов высшей категории. Определение точечной группы кристалла по его внешнему облику. Построение гномостереографических проекций кристаллических многогранников.

1.6. Элементы симметрии кристаллических структур.

Пространственные группы Е.С. Федорова. Пространственная решетка — главный элемент симметрии кристаллических структур, геометрическое представление трехмерной периодичности расположения атомов, ионов, молекул. Элементарная ячейка: 14 решеток Браве. Базис ячейки. Трансляционные элементы симметрии: плоскости скользящего отражения и винтовые оси. Теоремы о сочетании операций симметрии структур. Общие представления о 230 пространственных группах, принципы их вывода. Символика пространственных групп. Правильные системы точек, их характеристики. Обратная решетка. Основы рентгеноструктурного анализа кристаллических тел.

Раздел 2. Основы кристаллохимии.

2.1. Кристаллохимические характеристики структуры.

Основные понятия и термины кристаллохимии: координационное число, координационный многогранник, число формульных единиц. Типы химической связи и их реализация в кристаллических структурах. Определение атомных и ионных радиусов. Геометрические пределы устойчивости ионных структур.

2.2. Критерии устойчивости существенно ионных кристаллов, правила Полинга. Правило Абега, Энергия решетки ионных кристаллов (Борн), цикл Борна-Габера. Закономерности, связывающие периодическую систему и ионные радиусы. Зонная энергетическая структура кристалла, металлы полупроводники и диэлектрики. Металлическая связь и ее структурные свойства, переходные структуры (от металлической к ковалентной).

2.3. Теория плотнейших упаковок и ее использование при описании структур кристаллов.

Двухслойная (гексагональная) и трехслойная (кубическая) плотнейшие шаровые упаковки. Типы пустот в шаровых упаковках. Изображение структурных типов с помощью многогранников. Примеры структур, построенных на основе гексагональной плотнейшей упаковки (Mg, ZnS-вюрцит) и без нее (С-графит). Примеры кристаллических структур, построенных на основе трехслойной плотнейшей упаковки (Si, NaCl-галит, ZnS-сфалерит, CaTiO₃-перовскит) и без нее (С-алмаз, α-Fe, CsCl). Принципы описания кристаллических структур без плотнейших упаковок. Многослойные упаковки. Примеры описания многослойных упаковок: рутила TiO₂, шпинели MgAl₂O₄, корунда Al₂O₃ и др.

2.4. Основные категории кристаллохимии и соотношения между ними. Закон Аюи. Твердые растворы и фазовые диаграммы. Фактор толерантности и модельные структуры Гольдшмидта. Структурная гомология. Фазы вычитания и внедрения. Псевдосимметрия. Производные и вырожденные структуры, архетип. Структурная гомология на примере глинистых минералов.

2.5. Изоморфизм и полиморфизм.

Изоструктурность и изоморфизм. Типы изоморфизма: совершенный и несовершенный, изо- и гетеровалентный. Твердые растворы замещения, внедрения, вычитания. Пределы изоморфной замещимости. Фазовые переходы первого и второго рода на примере SiO_2 . Температура Кюри. Различные случаи полиморфизма. Изменение симметрии и свойств кристаллов при фазовых переходах. Политипия.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2
	Знать: (перечень из п.2)		
1	– основные законы огранения кристаллов, элементы и теоремы симметрии, основные типы кристаллических структур		
2	– о связи симметрии внутреннего строения кристаллического вещества и симметрии его физических свойств, в том числе симметрии внешнего облика		
3	– основные категории кристаллохимии и соотношения между ними		
	Уметь: (перечень из п.2)		
4	– определять точечную группу симметрии и простые формы граней кристалла		
5	– использовать законы кристаллографии при определении симметрии кристалла		
6	– сопоставлять особенности строения кристалла с предполагаемыми свойствами материала для электронной техники и нанoeлектроники		
	Владеть: (перечень из п.2)		
7	– теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов и положения в Периодической системе химических элементов, экспериментальными методами определения физических и химических свойств неорганических соединений		
8	– качественным и количественным навыком описания строения и свойств кристаллов, обусловленных их внешней и внутренней симметрией и кристаллохимическими особенностями структуры		
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие компетенции			
9	ПК-3. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники	+	+
10	ПК-3.2. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники.	+	+

11	<p>ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ</p>	<p>ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом.</p>	+	+
----	---	--	---	---

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	Точечные группы симметрии	2
2	Раздел 1	Определение символов граней и ребер	2
3	Раздел 1	Простые формы кристаллов низшей категории. Простые формы кристаллов средней категории. Простые формы кристаллов высшей категории	2
4	Раздел 2	Плотнейшие шаровые упаковки.	2
5	Раздел 2	Типы пустот в шаровых упаковках	2
6	Раздел 2	Типы изоморфизма	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;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике курса;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче экзамена зачета с оценкой (4 семестр)
- 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;

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. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Перечень примерных тем.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы 3 (4 семестр) составляет 30 баллов за каждую. Максимальная оценка за контрольные работы

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

Раздел 1.

Теоретические вопросы:

1. Символы плоскостей. Вывод индексов Миллера
2. Определение и принцип построения сферической проекции
3. Основной закон симметрии кристаллов (принцип Кюри)
4. Определение и принцип построения гномостереографической проекции
5. Определение и принцип построения гномонической проекции
6. Изображение элементов симметрии на стереографической проекции, их действие на точку
7. Теоремы о сложении элементов симметрии
8. Понятие трансляции. Какие типы решеток Бравэ возможны в кубической триклинной и тетрагональной сингониях
9. Понятие трансляционной группы в каких сингониях возможны базоцентрированные решетки Бравэ
10. Определение ячейки кристаллической решетки.
11. Какие типы решеток Бравэ возможны в тригональной триклинной и гексагональной сингониях
12. Теоремы о сочетании операций симметрии структур

Вопрос 1.2.

Построить стереографическую проекцию модели, указать элементы симметрии, назвать простые формы, составить точечную группу симметрии в символике Бравэ.

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

Вопрос 2.1.

1. Свойства атомов: угловая форма орбиталей, орбитальные радиусы, потенциалы ионизации и сродство к электрону, основное и валентное состояние, орбитальная электротрицательность.
2. Координационные числа и координационные многогранники. Поляризуемость атомов и ионов. Её связь с размерами атомов. Влияние поляризуемости ионов на тип ионной структуры. Правила Фаянса

3. Кристаллохимические системы радиусов элементов (ковалентные ионные металлические радиусы). Понятие ионного радиуса. Системы ионных радиусов. Их отличия между собой. Принцип определения ионных радиусов (пример).
4. Ионная связь. Правило Абега, Энергия решетки ионных кристаллов (Борн), цикл Борна-Габер. Закономерности, связывающие периодическую систему и ионные радиусы.
5. Ковалентная связь и типичные ковалентные структуры. Направленность, энергия атомизации. Связи промежуточные между ковалентными и ионными, степень ионности.
6. Зонная энергетическая структура кристалла, металлы полупроводники и диэлектрики. Металлическая связь и ее структурные свойства, переходные структуры (от металлической к ковалентной).
7. Вандерваальсова связь, мгновенный диполь, диполь-дипольные взаимодействия, слоистые структуры. Водородная связь, законы льда Полинга, структуры с водородными связями.
8. Основные категории кристаллохимии и соотношения между ними. Закон Аюи. Твердые растворы и фазовые диаграммы. Фактор толерантности и модельные структуры Гольдшмидта .
9. Устойчивость ионных структур. Пределы устойчивости для ионных структур с различными к.ч. Правила устойчивости ионных кристаллов (правила Полинга). Морфотропный ряд MO_2 , основной закон кристаллохимии.
10. Критерии устойчивости для существенно ковалентных кристаллов. Диаграмма Музера-Пирсона, правила Юм-Розери.
11. Понятие трансляции. Какие типы решеток Бравэ возможны в кубической, триклинной и тетрагональной сингониях.
12. Структурная гомология. Фазы вычитания и внедрения. Псевдосимметрия. Производные и вырожденные структуры, архетип. Структурная гомология на примере глинистых минералов.
13. Определение ячейки кристаллической решетки. Какие типы решеток Бравэ возможны в тригональной, триклинной и гексагональной сингониях.
14. Понятие полиморфизма, полиморфной модификации и полиморфного перехода. Отображение полиморфизма на диаграммах состояния. Пять видов полиморфизма. Полиморфные переходы второго рода (пример SiO_2).
15. Понятие политипии, отличие от полиморфизма. Символы Жданова, Рамсделла и обозначения Полинга. Примеры политипизма. Термодинамика полиморфизма, температура.
16. Изменение симметрии при изменении температуры и давления. Координационные правила полиморфизма. Коэффициент компактности, индексы упаковки. Примеры влияния температуры и давления на структуры полиморфных модификаций. Отображение полиморфизма на диаграммах состояния.
17. Понятие изоморфизма. Два типа изоморфизма, правило Ретгерса. Классификация Изоморфизма. Аномальный изоморфизм.
18. Эмпирические правила изоморфизма и их современная трактовка (Вегад, Гольдшмидт, Юм-Розери), Факторы изоморфной взаимозаменяемости атомов, диагональные ряды изоморфизма.
19. Устойчивость ионных структур. Пределы устойчивости для ионных структур с различными к.ч. Правила устойчивости ионных кристаллов (правила Полинга). Морфотропный ряд MO_2 , основной закон кристаллохимии.

1. Вопрос 2.2.

Построить стереографическую проекцию модели, указать элементы симметрии, назвать простые формы, составить точечную группу симметрии в символике Бравэ.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (4 семестр – зачет с оценкой).

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по разделам 1 и 2 рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса. 1 вопрос – 12 баллов, вопрос 2 – 12 баллов, вопрос 3 – 16 баллов.

1. Символы плоскостей. Вывод индексов Миллера.
2. Свойства атомов: угловая форма орбиталей, орбитальные радиусы, потенциалы ионизации и сродство к электрону, основное и валентное состояние, орбитальная электротрицательность.
3. Определение и принцип построения сферической проекции.
4. Координационные числа и координационные многогранники. Поляризуемость атомов и ионов. Её связь с размерами атомов. Влияние поляризуемости ионов на тип ионной структуры. Правила Фаянса
5. Основной закон симметрии кристаллов (принцип Кюри)
6. Кристаллохимические системы радиусов элементов (ковалентные ионные металлические радиусы). Понятие ионного радиуса. Системы ионных радиусов. Их отличия между собой. Принцип определения ионных радиусов (пример).
7. Определение и принцип построения гномостереографической проекции.
8. Ионная связь. Правило Абега, Энергия решетки ионных кристаллов (Борн), цикл Борна-Габера. Закономерности, связывающие периодическую систему и ионные радиусы.
9. Определение и принцип построения гномонической проекции.
10. Ковалентная связь и типичные ковалентные структуры. Направленность, энергия атомизации. Связи промежуточные между ковалентными и ионными, степень ионности.
11. Закон целых чисел (Закон Гаюи).
12. Зонная энергетическая структура кристалла, металлы полупроводники и диэлектрики. Металлическая связь и ее структурные свойства, переходные структуры (от металлической к ковалентной).
13. Теоремы о сложении элементов симметрии. Теорема 1 (пересечение двух плоскостей симметрии) и обратная ей.
14. Вандерваальсова связь, мгновенный диполь, диполь-дипольные взаимодействия, слоистые структуры. Водородная связь, законы льда Полинга, структуры с водородными связями.
15. Теоремы о сложении элементов симметрии. Теорема 2 (пересечение L_{2n} с перпендикулярной ей плоскостью) и обратная ей.
16. Основные категории кристаллохимии и соотношения между ними. Закон Аюи. Твердые растворы и фазовые диаграммы. Фактор толерантности и модельные структуры Гольдшмидта.
17. Теоремы о сложении элементов симметрии. Теоремы 3 (ось симметрии и перпендикулярная ей L_2) и 4 (L_n и вдоль нее m).
18. Устойчивость ионных структур. Пределы устойчивости для ионных структур с различными к.ч. Правила устойчивости ионных кристаллов (правила Полинга). Морфотропный ряд MO_2 , основной закон кристаллохимии.
19. Теоремы о сложении элементов симметрии. Теоремы 5 (Эйлера) и 6 (m , проходящая вдоль L_{2ni})
20. Критерии устойчивости для существенно ковалентных кристаллов. Диаграмма Музера-Пирсона, правила Юм-Розери.
21. Понятие трансляции. Какие типы решеток Бравэ возможны в кубической, триклинной и тетрагональной сингониях.

22. Структурная гомология. Фазы вычитания и внедрения. Псевдосимметрия. Производные и вырожденные структуры, архетип. Структурная гомология на примере глинистых минералов.
23. Определение ячейки кристаллической решетки. Какие типы решеток Бравэ возможны в тригональной, триклинной и гексагональной сингониях.
24. Понятие полиморфизма, полиморфной модификации и полиморфного перехода. Отображение полиморфизма на диаграммах состояния. Пять видов полиморфизма. Полиморфные переходы второго рода (пример SiO_2).
25. Теоремы о сочетании операций симметрии структур. Теорема 1 (последовательное отражение в двух параллельных плоскостях) и 1а.
26. Понятие политипии, отличие от полиморфизма. Символы Жданова, Рамсделла и обозначения Полинга. Примеры политипизма. Термодинамика полиморфизма, температура.
27. Теоремы о сочетании операций симметрии структур. Теорема 2 (плоскость симметрии и перпендикулярная ей трансляция).
28. Изменение симметрии при изменении температуры и давления. Координационные правила полиморфизма. Коэффициент компактности, индексы упаковки. Примеры влияния температуры и давления на структуры полиморфных модификаций. Отображение полиморфизма на диаграммах состояния.
29. Теоремы о сочетании операций симметрии структур. Теорема 3 (плоскость m и трансляция t под углом).
30. Понятие изоморфизма. Два типа изоморфизма, правило Ретгерса. Классификация Изоморфизма. Аномальный изоморфизм.
31. Теоремы о сочетании операций симметрии структур. Теорема 4 (замена отражения в плоскостях вращением вокруг оси) и 4а
32. Эмпирические правила изоморфизма и их современная трактовка (Вегад, Гольдшмидт, Юм-Розери), Факторы изоморфной взаимозаменяемости атомов, диагональные ряды изоморфизма.
33. Теоремы о сложении элементов симметрии. Теорема 2 (пересечение L_{2n} с перпендикулярной ей плоскостью) и обратная ей.
34. Определение и принцип построения гномонической проекции.
35. Теоремы о сложении элементов симметрии. Теоремы 5 (Эйлера) и 6 (m , проходящая вдоль L_{2ni})
36. Изменение симметрии при изменении температуры и давления. Координационные правила полиморфизма. Коэффициент компактности, индексы упаковки. Примеры влияния температуры и давления на структуры полиморфных модификаций. Отображение полиморфизма на диаграммах состояния.
37. Основной закон симметрии кристаллов (принцип Кюри).
38. Устойчивость ионных структур. Пределы устойчивости для ионных структур с различными к.ч. Правила устойчивости ионных кристаллов (правила Полинга). Морфотропный ряд MO_2 , основной закон кристаллохимии.
39. *Практическая задача*: определение элементов симметрии, простых форм и граней модели, построение проекции, запись точечной группы симметрии.

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

8.1. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (4 семестр).

Пример билета для *зачета с оценкой*:

«Утверждаю» Зав. кафедрой ХТК И.Х. Аветисов	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии кристаллов
	18.03.01 Химическая технология
«__» _____ 20__	Профиль - Химическая технология материалов электроники
	Физическая химия идеального кристалла. Кристаллография
Билет № 1	
1. Определение ячейки кристаллической решетки. Какие типы решеток Бравэ возможны в тригональной, триклинной и гексагональной сингониях.	
2. Понятие полиморфизма, полиморфной модификации и полиморфного перехода. Пять видов полиморфизма. Полиморфные переходы второго рода (пример SiO ₂).	
3. Практическое задание: построить стереографическую проекцию модели, указать элементы симметрии, назвать простые формы, составить точечную группу симметрии в символике Бравэ.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Шаскольская, М. П. Кристаллография: учебное пособие для вузов / М.П. Шаскольская. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1984. - 376 с.

Б. Дополнительная литература

1. Майер, А. А. Физическая химия твердого тела. Кристаллооптика [Текст] : учебное пособие / А.А. Майер. - М. : МХТИ, 1984. - 84 с : ил. - Библиогр.: с. 83.
2. Кристаллография. Лабораторный практикум. Под ред. Е.В.Чупрунова. М.: Физматлит, 2005, 412 с.
3. Балашов, В. А. Физическая химия твердого тела. Раздел "Группы симметрии" [Текст] : учебное пособие / В.А. Балашов. - М. : МХТИ, 1979. - 56 с : ил. - Библиогр.: с. 55.
4. Минералогия и кристаллография. Практические вопросы для аудиторных занятий и самостоятельной подготовки [Текст] : учебно-методическое пособие / сост. О. П. Барина. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017. - 58 с. : ил. ; 3,49 усл.печ.л. - Библиогр.: с. 57.

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 Кристаллография <https://sciencejournals.ru/journal/krist/> ISSN (PRINT): 0023-4761
- Advanced electronic materials ISSN 2199-160x

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <https://sketchfab.com/MineralogyPetrographyMuseum/collections/48-crystal-forms;>

–<https://sketchfab.com/jfbuon/collections/systemes-cristallins>.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 11, (общее число слайдов – 650).
- 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 01.01.2023 составляет 1 727 628 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 «*Физическая химия идеального кристалла. Кристаллография*» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная 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.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Комплекты плакатов к разделам лекционного курса; наборы образцов габитусов кристаллов, кристаллических решеток.

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

Персональные компьютеры, принтеры и программные средства; 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.

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ
ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Кристаллография.	<p><i>Знает:</i> - основные законы огранения кристаллов, элементы и теоремы симметрии, основные типы кристаллических структур</p> <p><i>Умеет:</i> -определять точечную группу симметрии и простые формы граней кристалла, -использовать законы кристаллографии при определении симметрии кристалла,</p> <p><i>Владеет:</i> – - качественным и количественным навыком описания строения и свойств кристаллов, обусловленных их внешней и внутренней симметрией и кристаллохимическими особенностями структуры</p>	Оценка за контрольную 1 Оценка на зачете с оценкой
Раздел 2. Основы кристаллохимии.	<p><i>Знает:</i> -основные категории кристаллохимии и соотношения между ними</p> <p><i>Умеет:</i> -использовать законы кристаллографии при определении симметрии кристалла, - строить гномостереографические проекции кристаллических многогранников.</p> <p><i>Владеет:</i> – - качественным и количественным навыком описания строения и свойств кристаллов, обусловленных их внешней и внутренней симметрией и кристаллохимическими особенностями структуры</p>	Оценка за контрольную 2 Оценка на зачете с оценкой

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

« _____ »

основной образовательной программы

_____ код и наименование направления подготовки (специальности)

« _____ »
наименование ООП

Форма обучения: _____

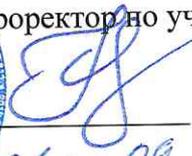
Номер изменения/дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от « ____ » _____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



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе


Ф.А. Колоколов

«19» 09 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Физическая химия идеального кристалла. Кристаллооптика»

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
(Код и наименование направления подготовки)

Профиль подготовки – «Химическая технология материалов электроники»
(Наименование профиля подготовки)

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
«19» 09 2023 г.

Председатель _____ Н.А. Макаров

Москва 2023

Программа составлена:
доцентом кафедры химии и технологии кристаллов, к.х.н., И.В. Степановой

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

(Наименование кафедры)

«16» мая 2023 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 Химическая технология, профиль «Химическая технология материалов электроники»** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **химии и технологии кристаллов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина «Физическая химия идеального кристалла. Кристаллооптика» относится к вариативной части учебного плана, к блоку обязательных дисциплин (Б1.В.ОД.12). Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общей химии, математики, физики, физической химии, кристаллографии.

Цель дисциплины – формирование базового объема знаний о закономерностях прохождения света через кристаллы, а также о наиболее важных оптических характеристиках кристаллов, необходимых для успешного освоения курса технологии материалов и курса методов исследования.

Задачи дисциплины – сформировать у студентов представление о взаимодействии световых колебаний с материалами различных кристаллических структур, ознакомить с основными оптическими свойствами кристаллов, научить практическому применению полученных знаний для проведения оптических исследований кристаллов.

Дисциплина «Физическая химия идеального кристалла. Кристаллооптика» преподается в 5 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

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				
<p>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.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство;</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-3. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования материалов и приборов электронной техники и наноэлектроники</p>	<p>ПК-3.1. Знает физико-химические основы работы приборов электронной техники, получения монокристаллов и материалов электроники и наноэлектроники.</p> <p>ПК-3.2. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и наноэлектроники</p> <p>ПК-3.3. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и наноэлектроники.</p>	<p>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.</p> <p>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 D. Техническая подготовка технологической базы производства приборов квантовой электроники и фотоники. D/04.6 Приведение функциональных возможностей оборудования в соответствие специфическим требованиям процессов</p>

				<p>нанотехнологии (уровень квалификации – 6).</p> <p>Профессиональный стандарт 40.011 «СПЕЦИАЛИСТ ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИМ РАЗРАБОТКАМ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04 марта 2014 года N 121н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5 Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок (уровень квалификации – 5).</p> <p>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 июля 2014 года N 446н, Обобщенная трудовая функция D. Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий. D/02.6 Разработка технических требований к модернизации</p>
--	--	--	--	--

				<p>технологических линий с целью реализации концепции производства и оптимизации технологических процессов с учетом требований систем менеджмента</p> <p>D/04.6 Разработка методик и техническое руководство экспериментальной проверкой технологических процессов и исследованием параметров наноструктурированных материалов (уровень квалификации – б).</p>
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- закономерности прохождения неполяризованного, а также поляризованного параллельного и сходящегося света сквозь кристаллы разных кристаллографических категорий
- о связи особенностей симметрии внутреннего строения кристаллов с симметрий их физических свойств
- основные оптические свойства кристаллов и способы их измерения

Уметь:

- строить оптические поверхности для разных кристаллографических категорий кристаллов и использовать их для теоретического и практического анализа оптических характеристик кристаллов
- качественно и количественно описывать свойства кристаллов, обусловленные их внешней и внутренней симметрией
- анализировать оптические свойства кристаллов с точки зрения оценки их качества и практического применения

Владеть:

- практическими навыками исследования оптических свойств кристаллов

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	64	48
Лекции	1	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0	0	0
Лабораторные работы (ЛР)	1	32	24
Самостоятельная работа	2	80	60
Контактная самостоятельная работа	2	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		79,8	59,85
Вид контроля:			
Зачет с оценкой	+		
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Раздел	Название раздела	Академ. часов				
		Всего	Лек-ции	Практ. занят.	Лаб. работы	Сам. работа
1.	Взаимодействие электромагнитного излучения с кристаллами: теоретические основы. Основные свойства кристаллов.	80	20	-	-	60
1.1.	Природа света.	16	4	-	-	12
1.2	Показатель преломления	24	6	-	-	18
1.3	Оптические поверхности	36	8	-	-	18
1.4	Получение плоскополяризованного света	16	4	-	-	12
2.	Применение оптических методов для исследования свойств кристаллов	64	12	-	32	20
2.1	Исследование кристаллов в плоскопараллельном монохроматическом и полихроматическом свете	30	6	-	20	4
2.2	Исследования кристаллов в сходящемся свете (коноскопия).	14	4	-	6	4
2.3	Применение оптических методов для оценки качества кристаллов.	20	2	-	6	12
	ИТОГО	144	32	-	32	80

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Взаимодействие электромагнитного излучения с кристаллами: теоретические основы. Основные свойства кристаллов.

1. Природа света

Основные характеристики световой волны. Виды поляризации света.

2. Показатель преломления

Показатель преломления - важнейшая оптическая характеристика вещества. Факторы, влияющие на показатель преломления: плотность и состав вещества, температура, частота электромагнитных колебаний. Методы измерения показателя преломления.

3. Оптические поверхности

Поверхности показателей преломления кристаллов различных категорий. Двойное лучепреломление. Волновые поверхности. Построение Гюйгенса для различных случаев падения света на кристалл. Оптическая индикатриса и ее использование для характеристики оптических свойств кристаллов различных категорий.

4. Получение плоскополяризованного света

Поляризационные призмы. Прохождение естественного и плоскополяризованного света через кристаллы средней и высшей категорий.

Раздел 2. Применение оптических методов для исследования свойств кристаллов

5. Исследования кристаллов в плоскопараллельном монохроматическом и полихроматическом свете

Прохождение плоскопараллельного монохроматического света и полихроматического света через систему «поляризатор-кристалл-анализатор». Разность хода волн. Кварцевые компенсаторы, их назначение, виды. Интерференционная окраска кристаллов. Дисперсия оптической индикатрисы кристаллов различных сингоний. Количественная характеристика дисперсии света. Прохождение естественного света через систему «поляризатор-кристалл-анализатор». Анизотропия поглощения света: плеохроизм, количественная оценка дисперсии поглощения. Оптическая активность кристаллов. Вращение плоскости поляризации. Магнитооптический эффект в кристаллах.

6. Исследования кристаллов в сходящемся свете (коноскопия)

Прохождение сходящегося света через систему «поляризатор-кристалл-анализатор». Коноскопические фигуры кристаллов средних и низших сингоний.

7. Применение оптических методов для оценки качества кристаллов

Пьезооптический эффект в кристаллах и его характеристика с помощью тензора 3-го ранга. Электрооптический эффект в кристаллах и его характеристика с помощью тензора 4-го ранга.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2
Знать:			
1	- закономерности прохождения неполяризованного, а также поляризованного параллельного и сходящегося света сквозь кристаллы разных кристаллографических категорий	+	+
2	- о связи особенностей симметрии внутреннего строения кристаллов с симметрией их физических свойств	+	
3	- основные оптические свойства кристаллов и способы их измерения	+	+
Уметь:			
4	- строить оптические поверхности для разных кристаллографических категорий кристаллов и использовать их для теоретического и практического анализа оптических характеристик кристаллов	+	
5	- качественно и количественно описывать свойства кристаллов, обусловленные их внешней и внутренней симметрией	+	
6	- анализировать оптические свойства кристаллов с точки зрения оценки их качества и практического применения		+
Владеть:			
7	- практическими навыками исследования оптических свойств кристаллов		+
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-3. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования материалов и приборов электронной техники и наноэлектроники	ПК-3.1. Знает физико-химические основы работы приборов электронной техники, получения монокристаллов и материалов электроники и наноэлектроники.	+
9		ПК-3.2. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и наноэлектроники	+
10		ПК-3.3. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и наноэлектроники.	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Практические занятия по дисциплине не предусмотрены

6.2. Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «**Физическая химия идеального кристалла. Кристаллооптика**», а также дает знания в области исследования оптических характеристик кристаллов. Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 40 баллов (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

№ пп	Раздел	Темы лабораторных занятий	Часы
1	1, 2	Изучение устройства микроскопа. Определение показателя преломления оптически изотропных кристаллов иммерсионным методом	6
2		Измерение показателя преломления оптически одноосных кристаллов иммерсионным методом	7
3		Определение напряжений в кристаллах и стеклах поляризационно-оптическим методом	6
4		Определение высоты микронеровностей	6
5		Изучение кристаллов в сходящемся свете	7

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- регулярную проработку пройденного на лекциях учебного материала и рекомендованной литературы;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче лабораторного практикума по курсу;
- подготовку к сдаче зачета с оценкой 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 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 складывается из оценок за выполнение

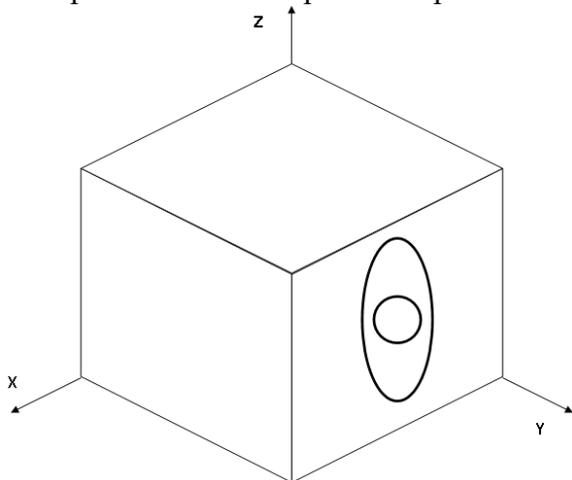
контрольных работ (максимальная оценка 20 баллов), лабораторного практикума (максимальная оценка 40 баллов) и итогового контроля в форме зачета с оценкой (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для оценки освоения дисциплины

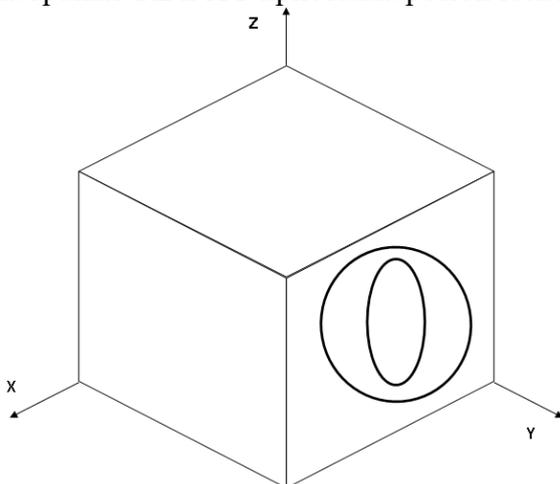
Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы 1 и 2 составляет 10 баллов за каждую.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 1 вопрос, по 10 баллов за вопрос.

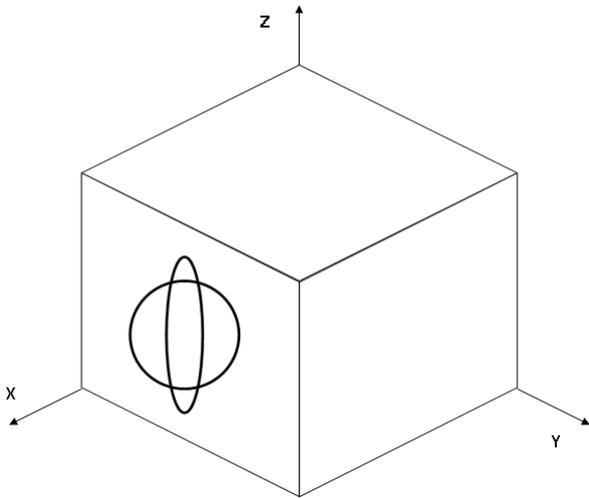
1. На основании имеющихся данных построить сечения поверхности показателя преломления на гранях YZ и XU кристалла ромбической сингонии. Указать положения оптических осей.



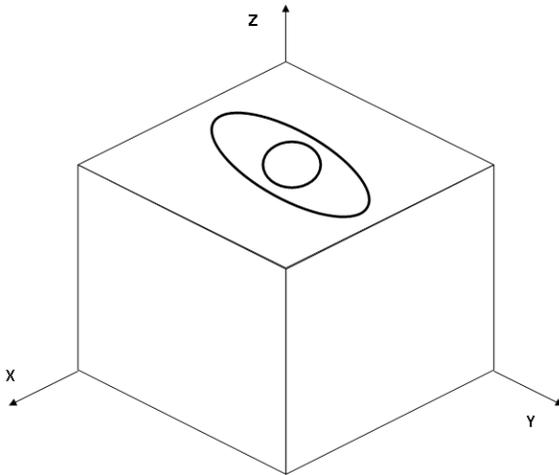
2. На основании имеющихся данных построить сечения поверхности показателя преломления на гранях YZ и XU кристалла ромбической сингонии. Указать положения оптических осей.



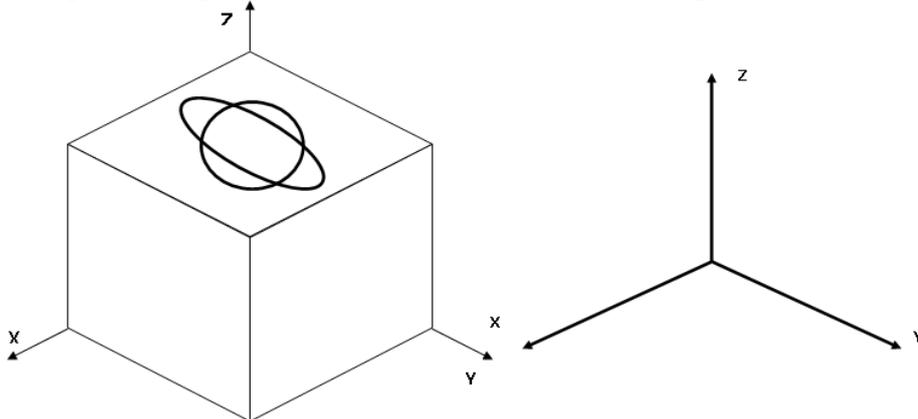
3. На основании имеющихся данных построить сечения поверхности показателя преломления на гранях XZ и XU кристалла ромбической сингонии. Указать положения оптических осей.



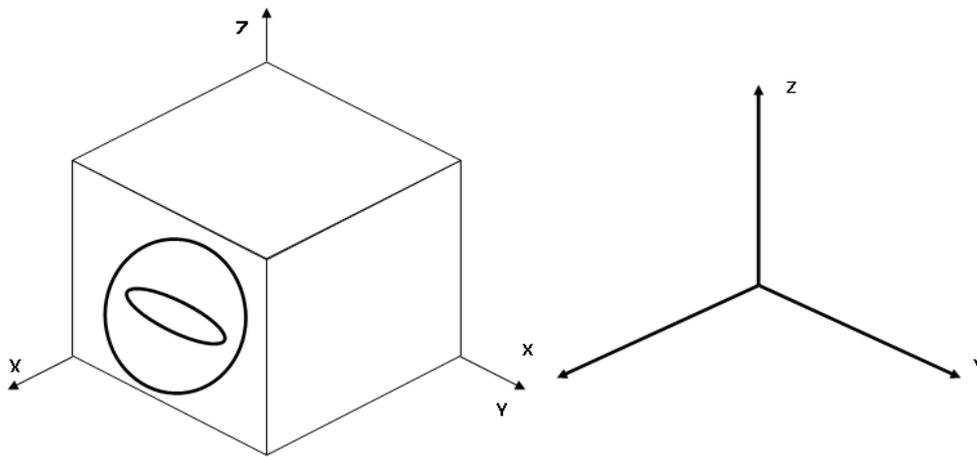
4. На основании имеющихся данных построить сечения поверхности показателя преломления на гранях XZ и YZ кристалла ромбической сингонии. Указать положения оптических осей.



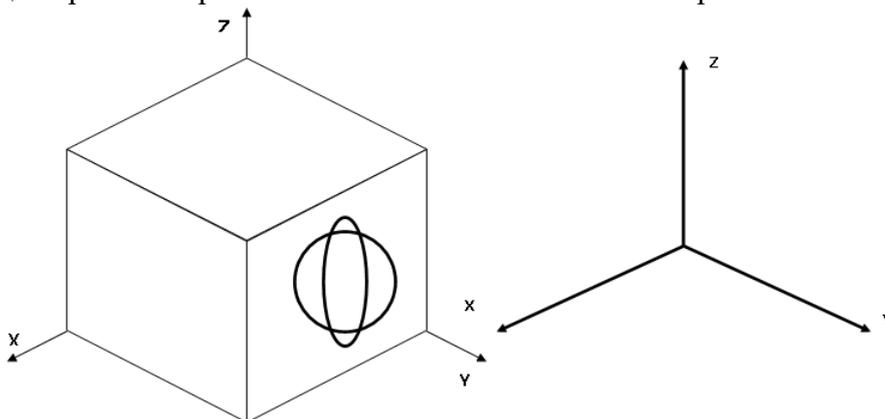
5. На основании имеющихся данных построить октант поверхности показателя преломления для кристалла ромбической сингонии. Указать направление оптической оси.



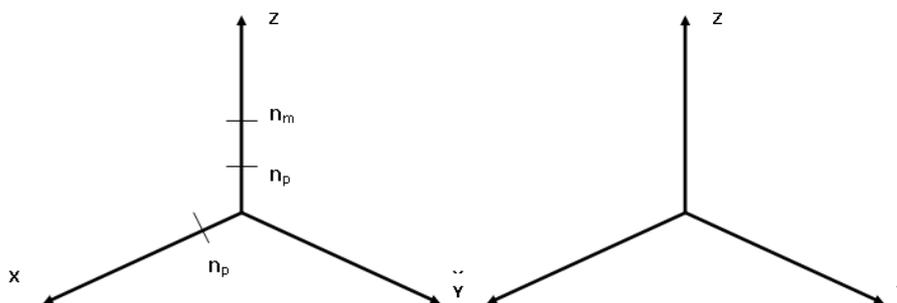
6. На основании имеющихся данных построить октант поверхности показателя преломления для кристалла ромбической сингонии. Указать направление оптической оси.



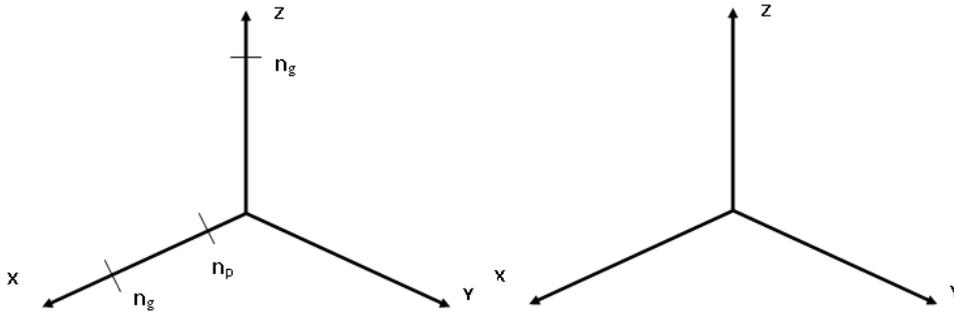
7. На основании имеющихся данных построить октант поверхности показателя преломления для кристалла ромбической сингонии. Указать направление оптической оси.



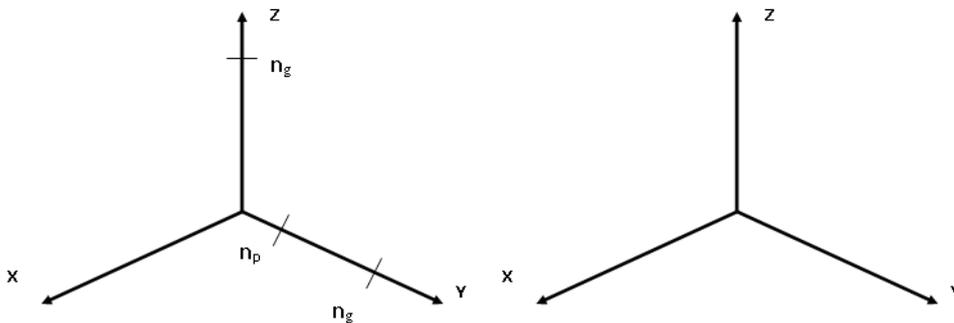
8. На основании имеющихся данных построить октант поверхности показателя преломления и построить соответствующий ему октант оптической индикатрисы для кристалла ромбической сингонии. Указать направление оптической оси для обеих поверхностей.



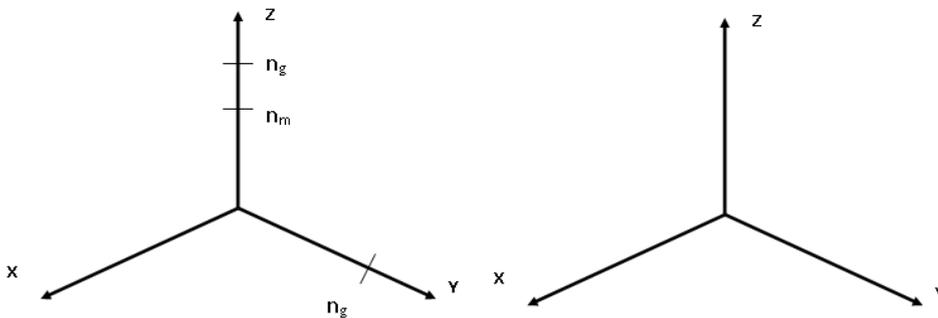
9. На основании имеющихся данных построить октант поверхности показателя преломления и построить соответствующий ему октант оптической индикатрисы для кристалла ромбической сингонии. Указать направление оптической оси для обеих поверхностей.



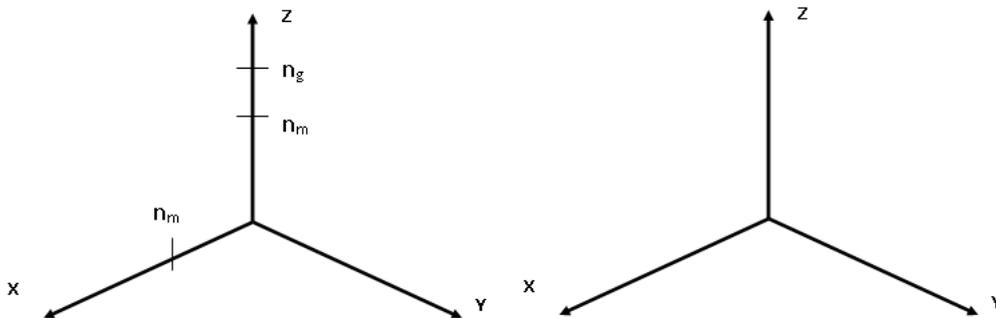
10. На основании имеющихся данных достроить октант поверхности показателя преломления и построить соответствующий ему октант оптической индикатрисы для кристалла ромбической сингонии. Указать направление оптической оси для обеих поверхностей.



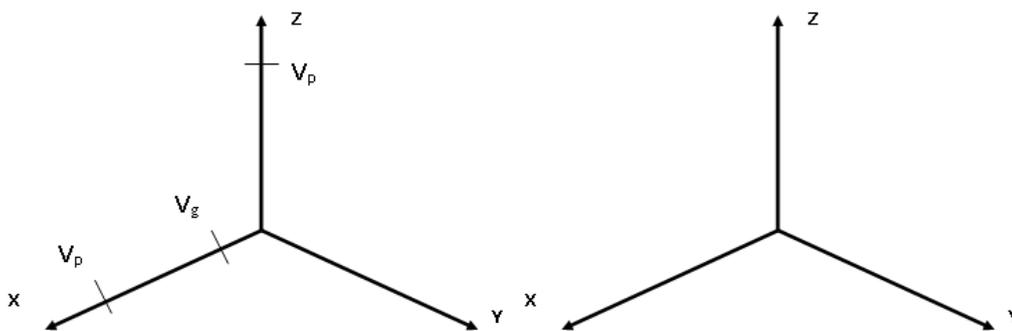
11. На основании имеющихся данных достроить октант поверхности показателя преломления и построить соответствующий ему октант оптической индикатрисы для кристалла ромбической сингонии. Указать направление оптической оси для обеих поверхностей.



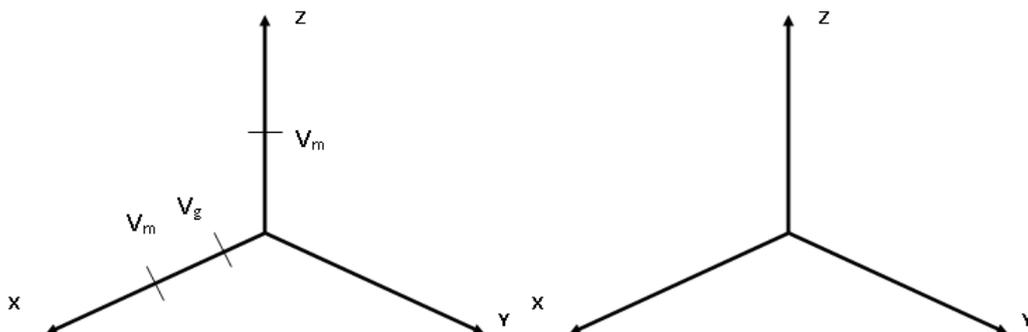
12. На основании имеющихся данных достроить октант поверхности показателя преломления и построить соответствующий ему октант оптической индикатрисы для кристалла ромбической сингонии. Указать направление оптической оси для обеих поверхностей.



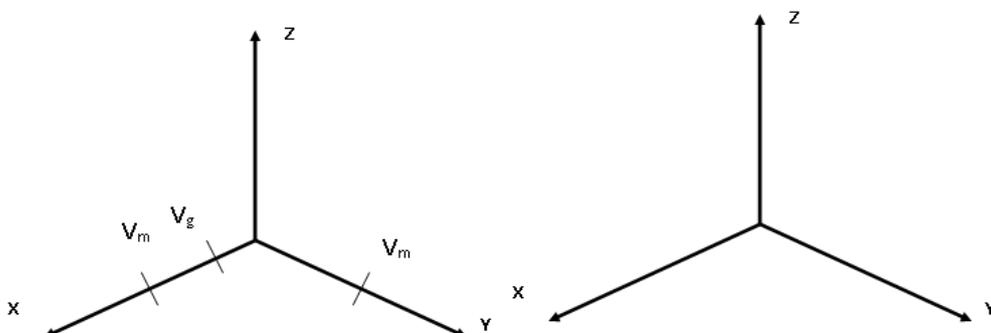
13. На основании имеющихся данных достроить октант волновой поверхности и построить соответствующий ему октант оптической индикатрисы для кристалла ромбической сингонии. Указать направление оптической оси для обеих поверхностей.



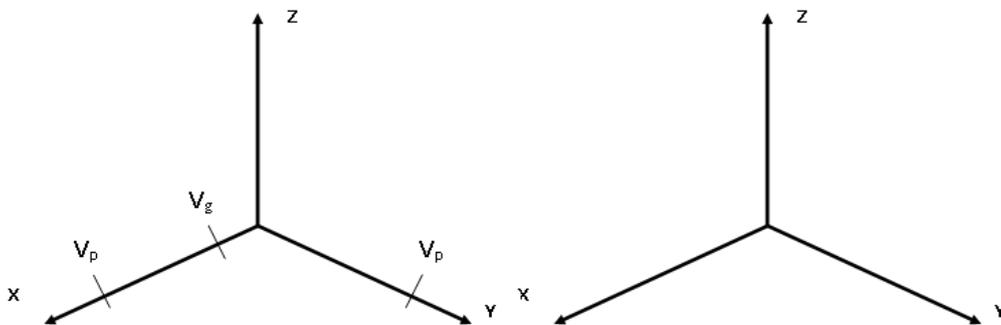
14. На основании имеющихся данных построить октант волновой поверхности и построить соответствующий ему октант оптической индикатрисы для кристалла ромбической сингонии. Указать направление оптической оси для обеих поверхностей.



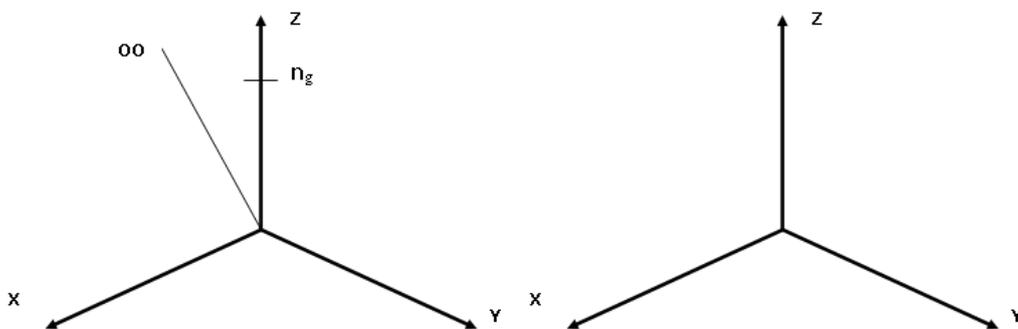
15. На основании имеющихся данных построить октант волновой поверхности и построить соответствующий ему октант оптической индикатрисы для кристалла ромбической сингонии. Указать направление оптической оси для обеих поверхностей.



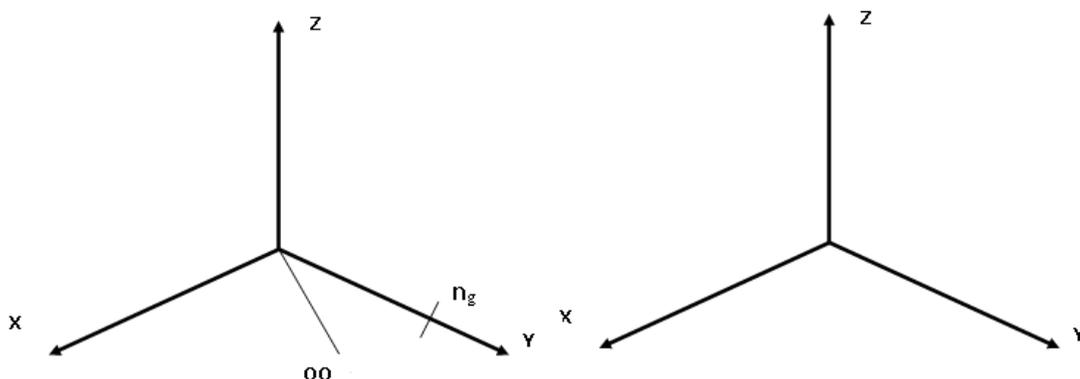
16. На основании имеющихся данных построить октант волновой поверхности и построить соответствующий ему октант оптической индикатрисы для кристалла ромбической сингонии. Указать направление оптической оси для обеих поверхностей.



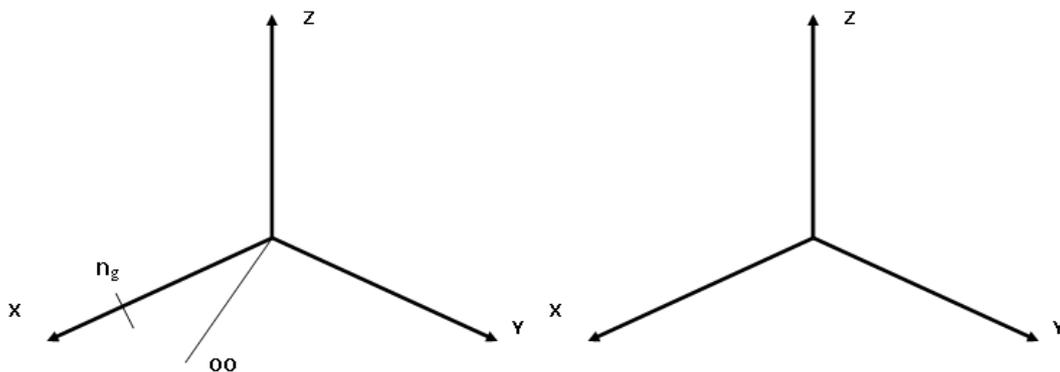
17. На основании имеющихся данных построить октант оптической индикатрисы и построить соответствующий ему октант волновой поверхности для кристалла ромбической сингонии. Указать направление оптической оси для ВП.



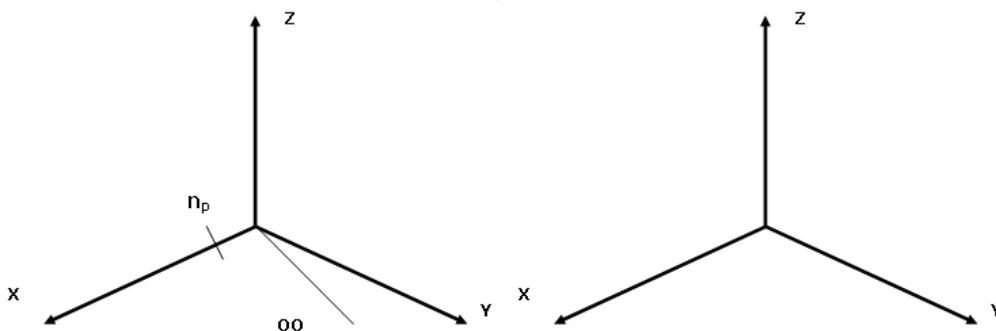
18. На основании имеющихся данных достроить октант оптической индикатрисы и построить соответствующий ему октант волновой поверхности для кристалла ромбической сингонии. Указать направление оптической оси для ВП.



19. На основании имеющихся данных достроить октант оптической индикатрисы и построить соответствующий ему октант волновой поверхности для кристалла ромбической сингонии. Указать направление оптической оси для ВП.

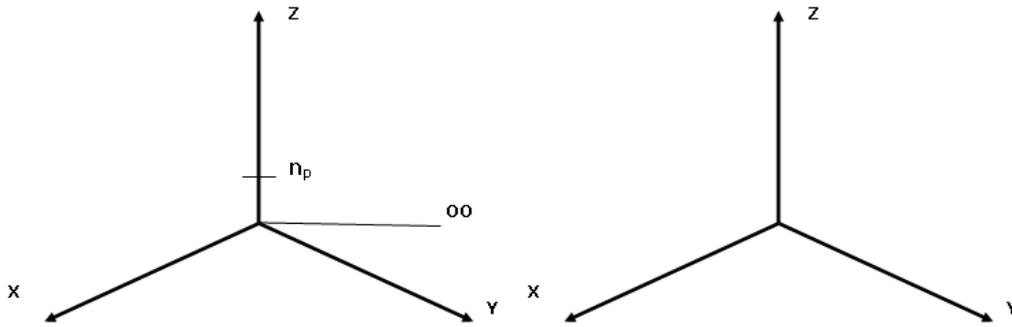


20. На основании имеющихся данных достроить октант оптической индикатрисы и построить соответствующий ему октант поверхности показателя преломления для кристалла ромбической сингонии. Указать направление оптической оси для ППП.

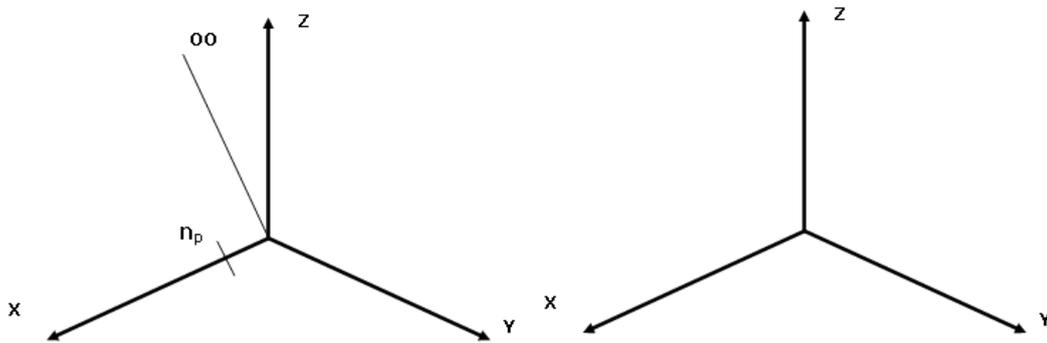


21. На основании имеющихся данных достроить октант оптической индикатрисы и построить соответствующий ему октант поверхности показателя преломления для кристалла

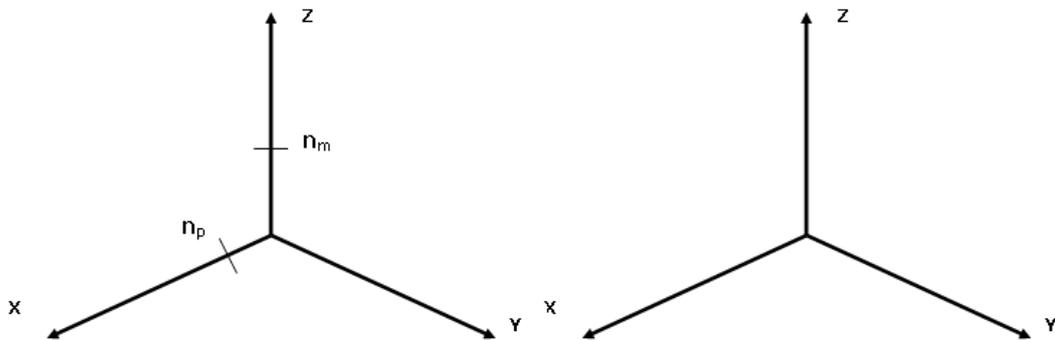
ромбической сингонии. Указать направление оптической оси для ППП.



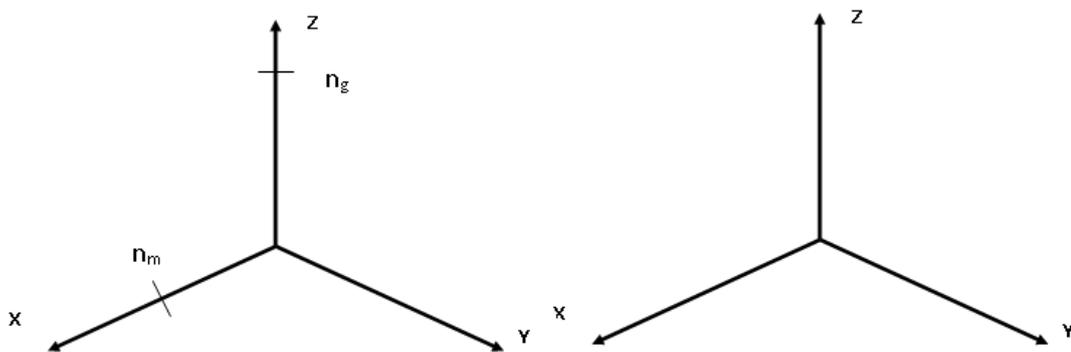
22. На основании имеющихся данных достроить октант оптической индикатрисы и построить соответствующий ему октант поверхности показателя преломления для кристалла ромбической сингонии. Указать направление оптической оси для ППП.



23. На основании имеющихся данных достроить октант оптической индикатрисы и построить соответствующий ему октант поверхности показателя преломления для кристалла ромбической сингонии. Указать направление оптической оси для обеих поверхностей.

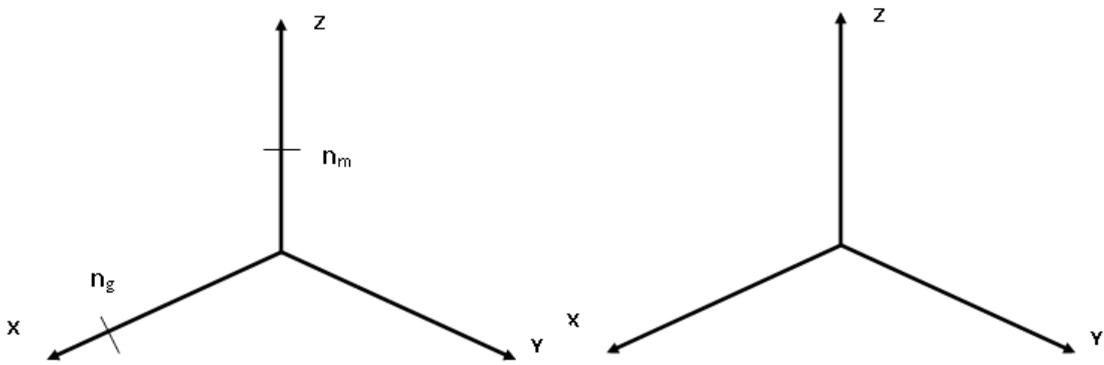


24. На основании имеющихся данных достроить октант оптической индикатрисы и построить соответствующий ему октант поверхности показателя преломления для кристалла ромбической сингонии. Указать направление оптической оси для обеих поверхностей.



25. На основании имеющихся данных достроить октант оптической индикатрисы и построить

соответствующий ему октант поверхности показателя преломления для кристалла ромбической сингонии. Указать направление оптической оси для обеих поверхностей.



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

1. Пластина толщиной 10 мкм, вырезанная из кристалла ромбической сингонии параллельно плоскости оптических осей, имеет при скрещенных поляроидах интерференционную окраску желтую 2-го порядка, а такая же пластина, вырезанная перпендикулярно оси n_p - синюю 2-го порядка. Определить оптический знак кристалла.
2. Пластина толщиной 30 мкм, вырезанная из кристалла ромбической сингонии перпендикулярно плоскости оптических осей, имеет при скрещенных поляроидах интерференционную окраску красную 2-го порядка, а такая же пластина, вырезанная перпендикулярно оси n_p - синюю 2-го порядка. Определить оптический знак кристалла.
3. Пластина толщиной 30 мкм, вырезанная из кристалла ромбической сингонии перпендикулярно оси n_p , имеет при скрещенных поляроидах интерференционную окраску желтую 2-го порядка, а такая же пластина, вырезанная перпендикулярно оси n_g - зеленую 2-го порядка. Определить оптический знак кристалла.
4. Пластина толщиной 40 мкм, вырезанная из кристалла ромбической сингонии перпендикулярно оси n_g , имеет при скрещенных поляроидах интерференционную окраску желтую 2-го порядка, а такая же пластина, вырезанная перпендикулярно оси n_m - синюю 3-го порядка. Определить оптический знак кристалла.
5. Пластина толщиной 20 мкм, вырезанная из кристалла ромбической сингонии перпендикулярно острой биссектрисе, имеет при скрещенных поляроидах интерференционную окраску красную 2-го порядка, а такая же пластина, вырезанная перпендикулярно оси n_p - зеленую 3-го порядка. Определить оптический знак кристалла.
6. Пластина толщиной 30 мкм, вырезанная из кристалла ромбической сингонии параллельно плоскости оптических осей, имеет при скрещенных поляроидах интерференционную окраску зеленую 3-го порядка, а такая же пластина, вырезанная перпендикулярно оси n_p - синюю 2-го порядка. Определить оптический знак кристалла.

7. Пластина толщиной 40 мкм, вырезанная из кристалла ромбической сингонии параллельно плоскости оптических осей, имеет при скрещенных поляроидах интерференционную окраску синюю 3-го порядка, а такая же пластина, вырезанная перпендикулярно оси n_p - красную 2-го порядка. Какова будет окраска такой пластины, вырезанной перпендикулярно оси n_g ?
8. Пластина толщиной 30 мкм, вырезанная из кристалла ромбической сингонии перпендикулярно оси n_g , имеет при скрещенных поляроидах интерференционную окраску желтую 2-го порядка, а такая же пластина, вырезанная перпендикулярно оси n_p - синюю 3-го порядка. Какова будет окраска такой пластины, вырезанной параллельно плоскости оптических осей?
9. Пластина толщиной 40 мкм, вырезанная из кристалла ромбической сингонии перпендикулярно оси n_m , имеет при скрещенных поляроидах интерференционную окраску желтую 3-го порядка, а такая же пластина, вырезанная перпендикулярно оси n_p - красную 2-го порядка. Определить оптический знак кристалла.
10. Пластина толщиной 30 мкм, вырезанная из кристалла ромбической сингонии перпендикулярно плоскости оптических осей, имеет при скрещенных поляроидах интерференционную окраску желтую 2-го порядка, а такая же пластина, вырезанная перпендикулярно оси n_p - синюю 2-го порядка. Определить оптический знак кристалла.
11. Пластина толщиной 20 мкм, вырезанная из кристалла ромбической сингонии параллельно плоскости оптических осей, имеет при скрещенных поляроидах интерференционную окраску красную 3-го порядка, а такая же пластина, вырезанная перпендикулярно оси n_p - синюю 2-го порядка. Определить оптический знак кристалла.
12. Пластина толщиной 10 мкм, вырезанная из кристалла ромбической сингонии перпендикулярно плоскости оптических осей, имеет при скрещенных поляроидах интерференционную окраску желтую 2-го порядка, а такая же пластина, вырезанная перпендикулярно оси n_p - синюю 2-го порядка. Определить оптический знак кристалла.
13. Пластина толщиной 25 мкм, вырезанная из кристалла ромбической сингонии перпендикулярно оси n_m , имеет при скрещенных поляроидах интерференционную окраску желтую 3-го порядка, а такая же пластина, вырезанная перпендикулярно оси n_p - синюю 2-го порядка. Определить оптический знак кристалла.
14. Пластина толщиной 30 мкм, вырезанная из кристалла ромбической сингонии параллельно плоскости оптических осей, имеет при скрещенных поляроидах интерференционную окраску красную 3-го порядка, а такая же пластина, вырезанная перпендикулярно оси n_g - синюю 2-го порядка. Определить оптический знак кристалла.
15. Пластина толщиной 30 мкм, вырезанная из кристалла ромбической сингонии перпендикулярно оси n_g , имеет при скрещенных поляроидах интерференционную окраску желтую 2-го порядка, а такая же пластина, вырезанная перпендикулярно оси n_p - синюю 2-го порядка. Определить оптический знак кристалла.

16. Пластина толщиной 30 мкм, вырезанная из кристалла ромбической сингонии перпендикулярно n_m , имеет при скрещенных поляроидах интерференционную окраску желтую 2-го порядка, а такая же пластина, вырезанная перпендикулярно оси n_p - синюю 2-го порядка. Определить оптический знак кристалла.
17. Пластина толщиной 20 мкм, вырезанная из кристалла ромбической сингонии перпендикулярно острой биссектрисе, имеет при скрещенных поляроидах интерференционную окраску желтую 2-го порядка, а такая же пластина, вырезанная перпендикулярно оси n_p - синюю 3-го порядка. Определить оптический знак кристалла.
18. Пластина толщиной 30 мкм, вырезанная из кристалла ромбической сингонии перпендикулярно тупой биссектрисе, имеет при скрещенных поляроидах интерференционную окраску красную 2-го порядка, а такая же пластина, вырезанная перпендикулярно оси n_p - синюю 2-го порядка. Определить оптический знак кристалла.
19. Пластина толщиной 40 мкм, вырезанная из кристалла ромбической сингонии перпендикулярно плоскости оптических осей, имеет при скрещенных поляроидах интерференционную окраску красную 2-го порядка, а такая же пластина, вырезанная перпендикулярно оси n_p - красную 3-го порядка. Определить оптический знак кристалла.
20. Пластина толщиной 10 мкм, вырезанная из кристалла ромбической сингонии перпендикулярно острой биссектрисе, имеет при скрещенных поляроидах интерференционную окраску зеленую 2-го порядка, а такая же пластина, вырезанная перпендикулярно оси n_g - желтую 3-го порядка. Определить оптический знак кристалла.
21. Пластина толщиной 30 мкм, вырезанная из кристалла ромбической сингонии перпендикулярно оси n_g , имеет при скрещенных поляроидах интерференционную окраску красную 2-го порядка, а такая же пластина, вырезанная перпендикулярно оси n_p - синюю 3-го порядка. Какова будет окраска такой пластины, вырезанной параллельно плоскости оптических осей?
22. Пластина толщиной 30 мкм, вырезанная из кристалла ромбической сингонии параллельно плоскости оптических осей, имеет при скрещенных поляроидах интерференционную окраску красную 2-го порядка, а такая же пластина, вырезанная перпендикулярно оси n_p - синюю 2-го порядка. Определить оптический знак кристалла.
23. Пластина толщиной 20 мкм, вырезанная из кристалла ромбической сингонии перпендикулярно оси n_g , имеет при скрещенных поляроидах интерференционную окраску оранжевую 1-го порядка, а такая же пластина, вырезанная перпендикулярно оси n_p - синюю 3-го порядка. Какова будет окраска такой пластины, вырезанной параллельно плоскости оптических осей?
24. Пластина толщиной 20 мкм, вырезанная из кристалла ромбической сингонии параллельно плоскости оптических осей, имеет при скрещенных поляроидах интерференционную окраску красную 2-го порядка, а такая же пластина, вырезанная перпендикулярно оси n_p - оранжевую 1-го порядка. Определить оптический знак кристалла.

25. Пластина толщиной 10 мкм, вырезанная из кристалла ромбической сингонии параллельно плоскости оптических осей, имеет при скрещенных поляроидах интерференционную окраску желтую 2-го порядка, а такая же пластина, вырезанная перпендикулярно оси n_g - синюю 2-го порядка. Определить оптический знак кристалла.

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины

Билет включает контрольные вопросы по разделам 1 и 2 рабочей программы дисциплины и содержит 2 вопроса.

1 вопрос – 20 баллов, 2 вопрос – 20 баллов

1. Виды поляризации света. Преломление света в кристаллах и стеклах. Показатель преломления.
2. Методы измерения показателя преломления кристаллов и стекол. Метод рефрактометра, метод призмы, иммерсионный метод.
3. Физические явления, лежащие в основе появления полосы Бекке. Механизм ее возникновения.
4. Достоинства и недостатки иммерсионного метода измерения показателя преломления. Особенности применения иммерсионного метода для кристаллов средних сингоний.
5. Явление двойного лучепреломления. Оптическая ось кристалла. Сила двойного лучепреломления. Оптический знак кристалла.
6. Принцип построения основных оптических поверхностей кристаллов. Вид оптических поверхностей для кристаллов кубической сингонии и стекол.
7. Вид оптических поверхностей для кристаллов средних сингоний: поверхность показателя преломления и оптическая индикатриса
8. Вид оптических поверхностей для кристаллов средних сингоний: поверхность показателя преломления и волновая поверхность
9. Вид оптических поверхностей для кристаллов средних сингоний: волновая поверхность и оптическая индикатриса
10. Вид оптических поверхностей для кристаллов низших сингоний: поверхность показателя преломления и оптическая индикатриса
11. Дисперсия показателя преломления и дисперсия оптической индикатрисы кристаллов средних сингоний.
12. Дисперсия показателя преломления и дисперсия оптической индикатрисы кристаллов низших сингоний.
13. Количественная оценка дисперсии света. Относительная дисперсия. Коэффициент дисперсии.
14. Принцип построения оптической индикатрисы и информация, получаемая при ее использовании.
15. Прохождение света через систему поляризатор-кристалл-анализатор. Общий случай.
16. Прохождение света через оптически одноосный кристалл. Разность хода волн.

17. Усиление и ослабление окраски кристалла при прохождении плоскополяризованного света через систему поляризатор-кристалл-анализатор. Анализатор и поляризатор параллельны.
18. Усиление и ослабление окраски кристалла при прохождении плоскополяризованного света через систему поляризатор-кристалл-анализатор. Анализатор и поляризатор скрещены.
19. Интерференционная окраска, возникающая вследствие двойного лучепреломления в кристаллах, при прохождении монохроматического света.
20. Интерференционная окраска, возникающая вследствие двойного лучепреломления в кристаллах, при прохождении полихроматического света.
21. Причины появления интерференционной окраски кристаллов, вызванной двойным лучепреломлением.
22. Связь между толщиной кристалла, его интерференционной окраской и силой двойного лучепреломления. Номограмма Мишель-Леви.
23. Поглощение света в кристаллах. Причины возникновения плеохроизма.
24. Коноскопическое исследование кристаллов средних сингоний.
25. Коноскопическое исследование кристаллов низших сингоний.
26. Оптические компенсаторы, их назначение, пример использования.
27. Оптическая активность кристаллов и ее проявление в кристаллах различных сингоний.
28. Окраска кристаллов, вызванная оптической активностью. Дисперсия оптической активности и ее измерение.
29. Магнитооптический эффект, сходство и различие с оптической активностью.
30. Причины возникновения в кристаллах оптической активности и эффекта Фарадея.
31. Пьезооптический эффект, его численная характеристика.
32. Пьезооптический эффект в кристаллах средних сингоний.
33. Пьезооптический эффект в кристаллах низших сингоний.
34. Пьезооптический эффект в кристаллах высшей сингонии и в стеклах.
35. Применение пьезооптического эффекта для анализа качества кристаллов. Поляризационно-оптический метод.
36. Электрооптический эффект. Связь индукции и напряженности электрического поля.
37. Поляризация диэлектрика под действием внешнего электрического поля (вектор индукции не совпадает с кристаллофизическими осями).
38. Поляризация диэлектрика под действием внешнего электрического поля (вектор индукции совпадает с кристаллофизическими осями)
39. Линейный и квадратичный электрооптические эффекты. Связь матрицы электрооптических коэффициентов с симметрией кристалла.
40. Электрооптический эффект. Практическое применение электрооптического эффекта.

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 «Физическая химия идеального кристалла. Кристаллооптика» проводится в 5 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 1 и 2 рабочей программы дисциплины. Билет зачета с оценкой состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для зачета с оценкой.

«Утверждаю» Зав. кафедрой ХТК И.Х. Аветисов	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии кристаллов
	18.03.01 Химическая технология Профиль - Химическая технология материалов электроники Физическая химия идеального кристалла. Кристаллооптика
«__» _____ 20__	
Билет № 1	
1. Явление двойного лучепреломления. Сила двойного лучепреломления. Оптический знак кристалла.	
2. Коноскопическое исследование кристаллов средних сингоний.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Маракушев А.А. и др. Петрография. Основы кристаллооптики и породообразующие минералы: учебник для вузов / А. А. Маракушев, А. В. Бобров, Н. Н. Перцев, А. Н. Феногенов. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2018. — 307 с.

Б. Дополнительная литература

1. Майер А.А. Физическая химия твердого тела: Кристаллооптика: учебное пособие / А.А. Майер. – М.: МХТИ, 1984. - 84 с.
2. Шаскольская, М. П. Кристаллография: учебное пособие для вузов / М.П. Шаскольская. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1984. - 376 с

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет

- <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека
- <http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России
- <https://lib.muotr.ru/> - Информационно-библиотечный центр РХТУ им.Д.И.Менделеева

- <http://lib.msu.su> - Научная библиотека Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова
- <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
- <https://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 – 5, (общее число слайдов – 175);
- комплекты прозрачных шлифов кристаллов, объемных образцов кристаллов и стекол, поликристаллических образцов (общее число образцов – 20);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 50);
- 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 01.01.2023 составляет 1 727 628 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 «Физическая химия идеального кристалла. Кристаллооптика» проводятся в форме лекций, лабораторных занятий и самостоятельной работы студента.

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.

- Учебная лаборатория, оснащенная лабораторной мебелью, научным и технологическим оборудованием для проведения лабораторных работ.
- Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с выходом в Интернет и доступом к базам данных.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Цветная номограмма Мишель-Леви; комплекты прозрачно-полированных шлифов кристаллов, объемных образцов кристаллов и стекол, поликристаллических образцов.

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; 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.

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Взаимодействие электромагнитного излучения с кристаллами: теоретические основы. Основные свойства кристаллов.	<i>Знает:</i> - закономерности прохождения неполяризованного, а также поляризованного параллельного и сходящегося света сквозь кристаллы разных кристаллографических категорий; - о связи особенностей симметрии внутреннего строения кристаллов с симметрий их физических свойств. - основные оптические свойства кристаллов и способы их измерения <i>Умеет:</i> - строить оптические поверхности для разных кристаллографических категорий кристаллов и использовать их для теоретического и практического анализа оптических характеристик	Оценка за контрольную работу №1 Оценка за зачет с оценкой

	кристаллов; - качественно и количественно описывать свойства кристаллов, обусловленные их внешней и внутренней симметрией.	
Раздел 2. Применение оптических методов для исследования свойств кристаллов	<i>Знает:</i> - основные оптические свойства кристаллов и способы их измерения <i>Умеет:</i> - анализировать оптические свойства кристаллов с точки зрения оценки их качества и практического применения <i>Владеет:</i> - практическими навыками исследования оптических свойств кристаллов	Оценка за контрольную работу №2 Оценки за лабораторные занятия Оценка за зачет с оценкой

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
«Физическая химия идеального кристалла. Кристаллооптика»
основной образовательной программы**

18.03.01 «Химическая технология»

Профиль – «Химическая технология материалов электроники»

«Основная образовательная программа высшего образования – программа бакалавриата»
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»



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

Ф.А. Колоколов

« 01 » 09 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы исследования материалов фотоники и электроники»

Направление подготовки _____ 18.03.01 Химическая технология
(Код и наименование направления подготовки)

Профиль подготовки – «Химическая технология материалов электроники»
(Наименование профиля подготовки)

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева

« 19 » 06 2023 г.

Председатель _____ Н.А. Макаров

Москва 2023

Программа составлена:

Профессором кафедры химии и технологии кристаллов, д.х.н., О.Б. Петровой,

Доцентом кафедры химии и технологии кристаллов, к.х.н. И.В. Степановой

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

(Наименование кафедры)

«16» мая 2023 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, профиль «Химическая технология материалов электроники», рекомендациями Методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Программа относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана, к блоку обязательных дисциплин. Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общей химии, математики, физики, физической химии, кристаллографии и кристаллооптики, физической электроники.

Цель дисциплины – формирование определенного объема знаний и необходимых навыков, достаточных для самостоятельного выбора метода анализа различных материалов электроники и фотоники (монокристаллов, тонкопленочных структур, керамики, стекол, композитных и гибридных материалов), в зависимости от круга решаемых исследовательских задач.

Основные задачи – формирование у студентов целостной картины современных методов физико-химического анализа, применяемых при исследовании материалов электроники и фотоники, выработка навыков интерпретации результатов сложного комплексного физико-химического анализа.

Дисциплина «*Методы исследования материалов фотоники и электроники*» преподается в 7 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 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				
<p>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.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство;</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-2. Способен изучать научно-техническую информацию, опыт по тематике исследования, выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау</p>	<p>ПК-2.1. Знает современные подходы к научному исследованию; порядок выстраивания логических взаимосвязей между различными литературными источниками.</p>	<p>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.</p> <p>Профессиональный стандарт 40.011 «СПЕЦИАЛИСТ ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИМ РАЗРАБОТКАМ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04 марта 2014 года N 121н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5 Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок (уровень квалификации – б).</p>

Технологический тип задач профессиональной деятельности

<p>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.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство;</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ</p>	<p>ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты.</p>	<p>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.</p> <p>Профессиональный стандарт 26.017 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПОДГОТОВКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ PVD-ПОКРЫТИЙ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 августа 2017 г. N 644н, Обобщенная трудовая функция С. Организация производственного процесса нанесения наноструктурированного PVD-покрытия. С/05.6. Контроль соблюдения технологических процессов на участке PVD-покрытий (уровень квалификации – 6).</p> <p>Профессиональный стандарт 40.037 «СПЕЦИАЛИСТ ПО РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРИБОРОВ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И ФОТНИКИ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10 июля 2014 года N</p>
			<p>ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом.</p>	

				<p>446н, Обобщенная трудовая функция D. Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий. D/02.6 Разработка технических требований к модернизации технологических линий с целью реализации концепции производства и оптимизации технологических процессов с учетом требований систем менеджмента D/04.6 Разработка методик и техническое руководство экспериментальной проверкой технологических процессов и исследованием параметров наноструктурированных материалов (уровень квалификации – б).</p>
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- современное состояние в области исследования структуры и состава монокристаллов и материалов электроники и фотоники;
- теоретические основы и классификацию методов анализа, области их применения, возможности и ограничения;
- устройство и функциональные возможности оборудования, используемого для анализа.

Уметь:

- интерпретировать результаты анализа материалов рассмотренными в курсе методами;
- сравнивать и сопоставлять результаты исследования материалов разными методами;
- выбирать метод анализа, исходя из поставленных задач исследования и характеристик исследуемого материала.

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	5	180	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	2	64	48
в том числе в форме практической подготовки	0,2	8	6
Лекции	1	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0	0	0
Лабораторные работы (ЛР)	1	32	24
в том числе в форме практической подготовки	0,2	8	6
Самостоятельная работа	3	80	60
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	3	80	60
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	Лекции	Прак. Зан.	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
1	Раздел 1	66	14		18		34
1.1	Введение. Классификация методов физико-химического анализа	12	2	-	-		10
1.2	Термические методы анализа.	30	6	-	12		12
1.3	Рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ	24	6	-	6		12
2.	Раздел 2	78	18		12		46
2.1	Оптическая спектроскопия	24	6	-	6		12
2.2	Элементный анализ	22	6	-	-		16
2.3	Оптическая микроскопия	32	6	-	8		18
	ИТОГО по разделам	144	32	-	32		80
	Экзамен	36					
	ИТОГО	180					

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1.

1. Введение. Классификация методов физико-химического анализа.

2. Термические методы анализа. Термический и дифференциально-термический методы анализа. Термогравиметрический и дифференциально-термогравиметрический методы анализа. Оборудование для термографии. Требования к эталонам. Вид кривых ДТА и ТГА. Факторы, влияющие на вид кривых ДТА и ТГА. Термогазоволюмометрический анализ. Термоэлектрометрический анализ. Дилатометрический анализ.

3. Методы исследования структуры материалов электроники. Рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Уравнение Вульфа-Брэгга, правила Лауэ. Принципы и возможности метода порошка, оборудование, расчет дифрактограмм. Определение категории, сингонии, параметров решетки, рентгеновской плотности кристаллов. Влияние размеров частиц на рентгеновскую дифракцию в них. Полнопрофильный метод Ритвельда. Современные методы компьютерного расчета дифрактограмм.

Раздел 2.

1. Оптическая спектроскопия. Спектры поглощения и пропускания. Рассеяние. Экстинкция. Сечения поглощения. Диапазон прозрачности материала. Влияние на поглощение кристаллов и стекол примесей переходных и редкоземельных ионов. Спектрофотометры.

2. Элементный анализ. Эмиссионный микроспектральный анализ с лазерным отбором пробы. Качественный и количественный эмиссионный анализ. Устройство лазерного микроанализатора. Модификации метода. Электронно-зондовый рентгеноспектральный микроанализ. Теоретические основы метода. Вторичные и обратнорассеянные электроны, характеристическое излучение. Устройство микроанализатора. Исследование поверхности, фазового и элементного состава.

Особенности подготовки образцов. Требования к эталонам.

3. Исследования материалов методами оптической микроскопии. Возможности оптического анализа. Виды микропрепаратов и способы их приготовления. Изучение материалов в плоско-поляризованном параллельном, сходящемся и отраженном свете. Методы измерения показателя преломления изотропных и анизотропных материалов. Измерение микротвердости материалов. Исследование напряжений поляризационно-оптическим методом. Оборудование для оптических исследований.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	
Знать:				
1	- современное состояние в области исследования структуры и состава монокристаллов и материалов электроники и фотоники;	+	+	
2	- теоретические основы и классификацию методов анализа, области их применения, возможности и ограничения;	+	+	
3	- устройство и функциональные возможности оборудования, используемого для анализа.	+	+	
Уметь:				
4	- интерпретировать результаты анализа материалов рассмотренными в курсе методами;	+		
5	- сравнивать и сопоставлять результаты исследования материалов разными методами;		+	
6	- выбирать метод анализа, исходя из поставленных задач исследования и характеристик исследуемого материала.	+	+	
Владеть:				
7	- навыками использования методов анализа для решения практических научно-исследовательских задач.	+	+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>профессиональные компетенции</u> <u>и индикаторы их достижения:</u>				
	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК		
8	ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции;	ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты.	+	+
9	Способен использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом.	+	+
11	ПК-2. Способен изучать научно-	ПК-2.1. Знает современные подходы к научному исследованию;	+	+

12	техническую информацию, опыт по тематике исследования, выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау	порядок выстраивания логических взаимосвязей между различными литературными источниками.	+	+
----	--	--	---	---

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Не предусмотрены.

6.2. Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Методы исследования материалов фотоники и электроники», а также дает знания о современных методах анализа материалов, приборном обеспечении и практические навыки работы на приборах физико-химического анализа и интерпретации результатов

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 40 баллов (по 6-7 баллов за каждую работу в зависимости от трудоемкости). 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.	Построение диаграммы состояния двухкомпонентной системы по данным дифференциально-термического анализа (7 баллов).	5
2		Исследование процессов разложения солей методом термогравиметрии (6 баллов).	5
3		Рентгенофазовый анализ вещества высшей или средней сингонии, включая индентирование и расчет параметров (6 баллов).	5
4	2.	Определение коэффициента термического расширения стекла дилатометрическим методом (7 баллов).	6
5		Определение температуры размягчения стекла методом вытягивания нити (7 баллов).	6
6		Определение ширины запрещенной зоны кристалла спектроскопическим методом (7 баллов).	5

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- регулярную проработку пройденного на лекциях учебного материала;
- подготовку к выполнению контрольной работы по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче лабораторного практикума и 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 учебной программе.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 20 баллов), лабораторного практикума (максимальная оценка 40 баллов) и итогового контроля в форме *экзамена* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1 Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Не предусмотрена

8.2 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрена контрольная работа. Максимальная оценка за контрольную работу составляет 20 баллов. Контрольная работа состоит из одного вопроса.

Примеры контрольных вопросов

1. Как определить полноту протекания синтеза шихты для роста монокристаллов и образование нужной кристаллической фазы?
2. Как определить точный параметр решетки кубического кристалла и его показатель преломления, если он > 2 ?
3. При длительной термообработке стекла состава $2\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-}3\text{GeO}_2$ поочередно выпадают 2 кристаллические 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. Имеется пластина, вырезанная из предположительно оптически одноосного кристалла перпендикулярно его оптической оси. Как подтвердить одноосность кристалла, определить его ориентацию, оптический знак?
5. Каким методом можно проверить чистоту соли AgI и наличие ее полиморфных модификаций?
6. Какими методами можно определить температуры стеклования, кристаллизации и размягчения впервые полученного стекла?
7. Концентрация Be в беррилевой бронзе (сплав Cu-Be) может колебаться от 1 до 3 вес.%. Известно, что при оптимальной концентрации бериллия (2 вес.%) прочность меди возрастает в 6 раз. Каким методом можно установить точное содержание бериллия в бронзе?
8. 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?
9. Непрозрачный поликристаллический материал окрашен в зеленый цвет. Каким методом можно определить количество фаз в нем? На какие длины волн приходится максимум спектра отражения и как его снять?
10. В вашем распоряжении имеется пластина из прозрачного, бесцветного, высококачественного, хорошо отполированного монокристалла. Спектр пропускания показывает максимальное пропускание всего в 75%. В чем может быть причина такого малого пропускания и как это можно подтвердить?
11. Анализ состава прозрачного кристалла показывает высокую чистоту, однако кристалл окрашен в желтый цвет. С чем это может быть связано и как подтвердить свою догадку?
12. Оксид висмута имеет 4 полиморфные модификации. Две из них стабильны, две - метастабильны. Как определить температуры фазовых переходов?

13. В непрозрачном диэлектрическом образце есть включения других веществ, каждое объемом около 3 мкм^3 . Каким методом можно определить состав включений, не разрушая образец?

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (экзамен).

Максимальное количество баллов за экзамен – 40 баллов. Экзаменационный билет содержит 2 вопроса, каждый по 20 баллов. Первый вопрос - теоретический, второй - задача.

Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины

Теоретические вопросы

1. Параметры спектров поглощения, физический смысл границ окна прозрачности и линий поглощения.
2. Термогравиметрический и дифференциально-термогравиметрический анализ. Вид кривых ТГ и ДТГ. Факторы, влияющие на вид кривых.
3. Порядок подготовки образцов для РФА и расшифровки рентгенограмм. Расчет параметров ячейки, рентгеновской плотности, размеров частиц. Определение границы существования твердых растворов.
4. Рентгенофазовый анализ. Формула Вульфа-Брэгга. Индексирование рентгенограмм кубической сингонии
5. Электронно-зондовый рентгеноспектральный микроанализ. Требования к эталонам. Подготовка образцов.
6. Термоэлектromетрический анализ. Возможности метода.
7. Термогазовольнометрический анализ. Возможности метода.
8. Теоретические основы электронно-зондового рентгеноспектрального микроанализа. Достоинства и недостатки метода.
9. Кристаллооптический анализ монокристаллических и поликристаллических образцов. Возможности метода.
10. Методы анализа элементного состава кристаллов. Сравнение методов.
11. Дилатометрический анализ. Изменение линейных и объемных размеров образца. Оборудование для измерений.
12. Вискозиметрический анализ. Основные методы измерения для материалов с различной вязкостью. Измерение вязкости расплавов.

Задачи

1. В процессе варки в корундовых тиглях стекол на основе оксида висмута происходит загрязнение расплава (стекломассы) материалом тигля. При этом, малое время варки ухудшает оптические качества стекла. Как определить оптимальное время варки, при котором стекло будет хорошего качества, но с наименьшим количеством примеси?
2. Как можно определить наличие и ширину области гомогенности конгруэнтно плавящегося соединения АВ на Т-Х диаграмме состояния системы А-В?
3. Ионы Cr могут входить в структуру германосилленита $\text{V}_{12}\text{GeO}_{20}$ в различных зарядовых состояниях. Каким методом можно определить зарядовое состояние хрома в данной структуре, если известно, что хром изменяет окраску кристалла?
4. Какие методы анализа следует использовать для определения положения линий солидуса и ликвидуса на диаграмме состояния двухкомпонентной системы, определения температур фазовых переходов и идентификации фаз?
5. Какими методами можно определить степень дефектности кристалла по протяженным и точечным дефектам, если известна его плотность?

6. Кристаллическая структура эвлитина $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ допускает частичное замещение ионов Bi^{3+} на ионы Nd^{3+} путем введения Nd_2O_3 . Как определить концентрационный предел такого замещения и построить фрагмент Т-Х диаграммы состояния системы $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ - Nd_2O_3 ?
7. Как определить полноту протекания синтеза шихты для роста монокристаллов и образование нужной кристаллической фазы?
8. Как определить точный параметр решетки кубического кристалла и его показатель преломления, если $n > 2$?
9. При росте лент сапфира методом Степанова возможно получение блочной структуры. Как проверить выращенную ленту на монокристалличность?
10. При разных температурах термообработки стекла состава $2\text{Bi}_2\text{O}_3$ - 3GeO_2 в стекле могут образовываться 2 кристаллические фазы: моноклинная Bi_2GeO_5 или кубическая $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$. Как определить температуру термообработки, необходимую для получения только $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$?
11. Кристалл кварца, выращенный гидротермальным методом, имеет включения размером 4 мм в виде веретенообразной полости, заполненной второй фазой, и окрашен в голубой цвет, причиной которого могут быть ионы Co^{3+} или Cu^{2+} . Как определить состав включения и причину голубой окраски?

8.4 Структура и примеры билетов для экзамена

Итоговый контроль проводится в форме экзамена. Билет для проведения экзамены содержит 2 вопроса, максимальная оценка за каждый вопрос – 20 баллов. Общая оценка складывается путем суммирования оценок за контрольную работу (максимум 20 баллов), оценок за лабораторные работы (6 работ, максимум 40 баллов) и ответ на экзамене (максимум 40 баллов). Максимальная оценка по курсу – 100 баллов.

Пример билета к экзамену

«Утверждаю» Зав. кафедрой ХТК И.Х. Аветисов <hr/> «__» ____ 20__	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии кристаллов
	18.03.01 Химическая технология
	Профиль - Химическая технология материалов электроники
	Методы исследования материалов фотоники и электроники
Билет № 1	
1. Дилатометрический анализ. Изменение линейных и объемных размеров образца. Оборудование для измерений.	
2. При разных температурах термообработки стекла состава $2\text{Bi}_2\text{O}_3$ - 3GeO_2 в стекле могут образовываться 2 кристаллические фазы: моноклинная Bi_2GeO_5 или кубическая $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$. Как определить температуру термообработки, необходимую для получения только $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$?	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. 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.
2. Павличенко, Л.А. Термический анализ двухкомпонентных систем [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / Л.А. Павличенко, Г.В. Булидорова, Ю.Г. Галяметдинов. — Электрон. дан. — Казань : КНИТУ, 2013. — 104 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/73440> — Загл. с экрана.

Б) Дополнительная литература

1. Н.Г. Горащенко, О.Б. Петрова, И.В. Степанова. Методы исследования материалов электронной техники и наноматериалов. Лабораторный практикум: учеб. пособие / — М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2012. — 94 с.
2. Альмяшев В.И., Гусаров В.В. Термические методы анализа: учеб. пособие/ А 57 СПбГЭТУ (ЛЭТИ).— СПб.,1999. — 40 с.
3. Ландсберг Г.С. Оптика: Учеб. пособие для вузов. изд. 6-е —М. : Физматлит, 2010. — 848 с.
4. Васильев Е.К. Качественный рентгенофазовый анализ / под ред. С. Б. Брандта. — Новосибирск: Наука, 1986. — 195 с.
5. Недома И.Н. Расшифровка рентгенограмм порошков / под ред. Л. Н. Расторгуева. — М.: Металлургия, 1975. — 423 с.

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Журналы

1. Физико-химический анализ свойств многокомпонентных систем. ISSN 1819-5830.

Интернет-ресурсы

- <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека
- <http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России
- <http://lib.msu.ru> - Научная библиотека Московского государственного университета
- <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека
- <http://www.intechopen.com/> - In Tech. Open Science
- <http://www.scirp.org/journal/Index.aspx> - Scientific research. Open Access
- <http://bookfi.org/g/> - BookFinder. Самая большая электронная библиотека рунета. Поиск книг и журналов
- <http://www.portalnano.ru> - Нанотехнологии и наноматериалы. Федеральный интернет-портал
- <http://nano-portal.ru/> - Нано Портал - Нанотехнологии России
- <http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - Сайт ФИПС. Информация о патентах
- <http://abc-chemistry.org/ru/> - ABC-Chemistry: Бесплатная научная химическая информация
- <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов

- www.centerprioritet.ru – СМЦ «Приоритет» - техническая документация исследований (ИКСИ) – заказ литературы, русскоязычные издания
- <http://findebookee.com/> - поисковая система по книгам

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 7, (общее число слайдов – 358);
- комплекты готовых экспериментальных данных (результатов дифференциального-термического, термогравиметрического, рентгенофазового анализа) – 10;
- образцы стекол и кристаллов для кристаллооптических и спектральных измерений - 20
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 25);
- 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 01.01.2023 составляет 1 727 628 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 «Методы исследования материалов фотоники и электроники» проводятся в форме лекций, лабораторных занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Учебная лаборатория, оснащенная лабораторной мебелью, научным и технологическим оборудованием для проведения лабораторных работ.

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

11.2. Учебно-наглядные пособия:

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

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.	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none">- современное состояние в области исследования структуры и состава монокристаллов и материалов электроники и фотоники;- теоретические основы и классификацию методов анализа, области их применения, возможности и ограничения;- устройство и функциональные возможности оборудования, используемого для анализа. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none">- интерпретировать результаты анализа материалов рассмотренными в курсе	<p>Оценка за контрольную работу</p> <p>Оценка за лабораторные работы 1-3</p> <p>Оценка за экзамен</p>

	<p>методами.</p> <ul style="list-style-type: none"> - сравнивать и сопоставлять результаты исследования материалов разными методами. - выбирать метод анализа исходя из поставленных задач исследования и характеристик исследуемого материала. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками использования методов анализа для решения практических научно-исследовательских задач. 	
Раздел 2.	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - современное состояние в области исследования структуры и состава монокристаллов и материалов электроники и фотоники; - теоретические основы и классификацию методов анализа, области их применения, возможности и ограничения; - устройство и функциональные возможности оборудования, используемого для анализа. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - интерпретировать результаты анализа материалов рассмотренными в курсе методами. - сравнивать и сопоставлять результаты исследования материалов разными методами. - выбирать метод анализа исходя из поставленных задач исследования и характеристик исследуемого материала. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками использования методов анализа для решения практических научно-исследовательских задач. 	<p>Оценка за контрольную работу</p> <p>Оценка за лабораторные работы 4-6</p> <p>Оценка за экзамен</p>

15. 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
«Методы исследования материалов фотоники и электроники»
основной образовательной программы**

18.03.01 «Химическая технология»

Профиль – «Химическая технология материалов электроники»

«Основная образовательная программа высшего образования – программа бакалавриата»

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.

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

«УТВЕРЖДАЮ»



Проректор по учебной работе

 Ф.А. Колоколов

« 01 » « 09 » 2023 г.

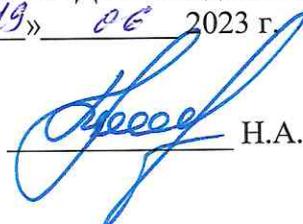
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Минералогия»

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
(Код и наименование направления подготовки)

Профиль подготовки – «Химическая технология материалов электроники»
(Наименование профиля подготовки)

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
« 19 » « 06 » 2023 г.

Председатель  Н.А. Макаров

Москва 2023

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)

«16» мая 2023 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 Химическая технология, профиль «Химическая технология материалов электроники»** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **химии и технологии кристаллов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина «Минералогия» относится к вариативной части учебного плана, к блоку обязательных дисциплин (Б1.В.ОД.17) и рассчитана на изучение дисциплины в 5 семестре обучения. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общей химии, математики, физики, физической химии, кристаллографии и кристаллооптики.

Цель дисциплины – формирование у студентов совокупности знаний о природных минеральных фазах и искусственно получаемых материалах, включая методы макроскопического и микроскопического анализа их структуры и свойств, а также обеспечение знаний, необходимых для создания новых функциональных материалов, которые соответствуют современным требованиям качества, эффективности и экономичности.

Задачи дисциплины сводятся к формированию у бакалавра определенного объема знаний минеральных фаз и современной химико-структурной классификации минералов как материаловедческой дисциплины; необходимых навыков по определению свойств минералов; прогнозирование свойств синтезируемых минеральных фаз как перспективных материалов микроэлектроники и оптики.

Дисциплина «**Минералогия**» преподается в 5 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 направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения**:

Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:

(Из соответствующего УП, например):

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.3 Владеет навыками поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; использования системного подхода для решения поставленных задач

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				
<p>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.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство;</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-3. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования материалов и приборов электронной техники и наноэлектроники</p>	<p>ПК-3.1. Знает физико-химические основы работы приборов электронной техники, получения монокристаллов и материалов электроники и наноэлектроники.</p> <p>ПК-3.2. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и наноэлектроники</p>	<p>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.</p> <p>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 D. Техническая подготовка технологической базы производства приборов квантовой электроники и фотоники. D/04.6 Приведение функциональных возможностей оборудования в соответствие специфическим требованиям процессов нанотехнологии (уровень квалификации – б).</p>

				<p>Профессиональный стандарт 40.011 «СПЕЦИАЛИСТ ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИМ РАЗРАБОТКАМ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04 марта 2014 года N 121н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5 Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок (уровень квалификации – 5).</p> <p>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 июля 2014 года N 446н, Обобщенная трудовая функция D. Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий. D/02.6 Разработка технических требований к модернизации технологических линий с целью реализации концепции производства и оптимизации технологических процессов с учетом требований систем</p>
--	--	--	--	---

				менеджмента D/04.6 Разработка методик и техническое руководство экспериментальной проверкой технологических процессов и исследованием параметров наноструктурированных материалов (уровень квалификации – 6).
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- Студент должен иметь четкие и ясные представления о минерале, его физических и химических свойствах.
- Должен знать все основные понятия минералогии (типоморфизм и пр.)
- Знать общие принципы классификации минералов и знать все основные разделы, структурно-химические классы и группы минералов.
- Процессы генезиса минералов и его особенности.

Уметь:

- Пользоваться современным оборудованием, необходимым для диагностики минеральных фаз
- Определять физические и химические свойств минералов на макро- и микроуровне.
- Диагностировать минералы по комплексу свойств и парагенетическим ассоциациям.

Владеть:

- навыком определения минералов

2. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс изучается в 6 семестре бакалавриата на базе знаний, полученных студентами на первых курсах. Контроль освоения студентами материала курса осуществляется путем проведения зачета с оценкой.

Виды учебной работы	Всего	
	Зач. ед.	Ак. час.
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	3	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,5	48
Лекции (Лек)	0,5	32
Практические занятия (ПЗ)	0,5	16
Самостоятельная работа (СР):	1,5	60
Реферат		20
Контактная самостоятельная работа		0,4
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		39,6
Виды контроля:		
Зачет с оценкой		+

Виды учебной работы	Всего	
	Зач. ед.	Астр. час.
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	3	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,5	36
Лекции (Лек)	0,5	24
Практические занятия (ПЗ)	0,5	12
Самостоятельная работа (СР):	1,5	45
Реферат	-	15
Контактная самостоятельная работа	0,25	0,3

Самостоятельное изучение разделов дисциплины		29,7
Виды контроля:		
Зачет с оценкой		+

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек-ции	Прак. Зан.	Лаб. работы	Сам. работа
1	Раздел 1. Введение в минералогию	34	18	4	-	20
2	Раздел 2. Современная минералогическая систематика (описательная минералогия)	28	14	12	-	20
	ИТОГО	108	32	16	-	60

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение в минералогию.

1. Введение. Предмет, задачи, методы и содержание минералогии. Определение понятия минерала, Минерал как элемент мироздания. История развития науки и ее связь с другими дисциплинами. Основные направления, проблемы и главные задачи современной минералогии.

2. Химический состав минералов. Общие положения о взаимосвязях кристаллической структуры, химического состава и свойствах минералов. Полиморфизм и политипия минералов. Соединения постоянного и переменного химсостава. Изоморфизм и аддитивность в минералах. Твердые растворы, устойчивость и распад твердых растворов, ликвация. Роль воды в минералах. Кристаллизационная, конституционная и адсорбционная вода.

3. Физические свойства минералов. Макроскопические свойства – цвет, цвет в порошке, блеск и блескометрическая система, твердость, хрупкость и ковкость, поверхности сколов, плотность. Лабораторные методы исследования минералов (детальные минералогические исследования).

4. Условия образования минералов в природе (генезис минеральных фаз). Общие положения. Геологические процессы минералообразования. Эндогенные, экзогенные процессы и метаморфизм. Моделирование процессов минералообразования и современные методы роста.

5. Минеральные ассоциации и парагенезис. Морфология минералов и их агрегатов.

Раздел 2. Современная минералогическая систематика (описательная минералогия).

6. Принципы современной классификации минералов. Систематика минералов.

Простые вещества. Сернистые соединения и их аналоги. Галоидные соединения. Кислородные соединения. Простые и сложные оксиды. Гидроксиды.

7. Фосфаты, арсенаты, ванадаты. Сульфаты. Хроматы, вольфраматы, молибдаты. Бораты. Силикаты. Каркасные и островные.

8. Силикаты с кольцевой, цепочечной, ленточной и слоистой структурой.

9. Силикаты с простыми и сложными сетками тетраэдров.

Понятие о петрологии.

**5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ
К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2
	Знать:			
1	- определение минерала, химический свойства.		+	+
2	- основные понятия минералогии (изоморфизм, полиморфизм, двойникование, типоморфизм и пр.)		+	+
3	- общие принципы классификации минералов и знать все основные разделы, структурно-химические классы и группы минералов.		+	+
4	-Процессы генезиса минералов и его особенности.			
	Уметь:			
5	-Пользоваться современным оборудованием, необходимым для диагностики минеральных фаз		+	
6	-Определять физические и химические свойств минералов на макро- и микроуровне.			+
7	-Диагностировать минералы по комплексу свойств и парагенетическим ассоциациям.		+	+
	Владеть:			
8	- навыком определения минералов		+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>универсальные</u> и <u>профессиональные компетенции</u> и <u>индикаторы их достижения</u> :				
	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК		
9	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.3 Владеет навыками поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; использования системного подхода для решения поставленных задач	+	+
10	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.3 Владеет навыками поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; использования системного подхода для решения поставленных задач	+	+
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК		
12	ПК-3. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования материалов и	ПК-3.1. Знает физико-химические основы работы приборов электронной техники, получения монокристаллов и материалов электроники и наноэлектроники.	+	+

13	приборов электронной техники и нанoeлектроники	ПК-3.2. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники	+	+
----	--	--	---	---

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 18.03.01 Химическая технология, профиль «Химическая технология материалов электроники» предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине «Минералогия» в объеме 16 часов (0,5 зач. ед.). Практические занятия проводятся под руководством преподавателей и направлены на углубление теоретических знаний, полученных студентом на лекционных занятиях, расширение знаний в области теории кристаллизации.

Примерный перечень практических занятий

№ пп	Раздел	Темы практических занятий	Часы
1	1.	Определение макроскопических свойств минералов. Природные формы кристаллов, формы выделения, минеральные ассоциации.	3
2		Определение макроскопических свойств минералов. Цвет, цвет минералов в порошке, блеск, твердость, спайность, излом, удельный вес.	3
3	2.	Определение макроскопических свойств минералов. Химические реакции при диагностике минералов. Второстепенные свойства.	3
4		Оптическая минералогия и детальные методы исследования минеральных фаз.	3
5		Диагностика и исследование минералов. Разделы: самородные, оксиды, гидроксиды, сульфиды, галоиды. Классы: фосфаты, ванадаты, сульфаты, силикаты и пр..	4

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины «Минералогия» предусмотрена самостоятельная работа студента в объеме 60 акад. час., в том числе самостоятельное изучение разделов дисциплины и выполнение домашних заданий в объеме 60 акад. час., из них на подготовку реферата по курсу в объеме 20 акад. час..

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

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- наработка навыка по определению макроскопических (стереологических свойств) минералов;
- работа с учебной коллекцией минералов, по разделам и классам;
- подготовку реферата по тематике курса на основе проработки рекомендованной литературы и работы с электронно-библиотечными системами;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике курса;
- посещение тематических музеев с обширными минералогическими коллекциями (Государственный Минералогический Музей РАН им.А.Е.Ферсмана, Государственный геологический музей имени В. И. Вернадского РАН)

- подготовку к сдаче зачета с оценкой по курсу.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая оценка по дисциплине складывается путем суммирования оценок за контрольные (две контрольные по образовательным модулям – по 10 баллов максимум за одну работу) реферативную работу (максимум 40 баллов) и ответ на зачете с оценкой (максимум 40 баллов). Итоговый контроль проводится в форме устного опроса (зачет с оценкой). Билет для проведения зачета с оценкой содержит 2 вопроса, максимальная оценка за каждый вопрос – 20 баллов. Максимальная оценка зачета с оценкой – 100 баллов.

8.1 Примерная тематика рефератов

Реферат выполняется в 6 семестре по темам, охватывающим все разделы курса, но разобраным в лекционном курсе бегло. Студент может написать реферат по самостоятельно выбранной, но согласованной с преподавателем, теме. Реферат оценивается в 40 баллов.

1. Топология минеральных ассоциаций.
2. Процессы образования миароловых пегматитов.
3. Метаморфические процессы минералообразования. Фации метаморфизма.
4. Эвапоритовые процессы минералообразования.
5. Гомо- и гетерогенная эпитакия в минералогии. Примеры двойникования.
6. Типоморфные минералы как реперы процессов минералообразования.
7. Особенности минералов импактных процессов.
8. Структуры распада твердых растворов.
9. Пневмоталитовые процессы минералообразования.
10. Гидротермальные процессы минералообразования.

8.2 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу).

Каждая работа содержит по два вопроса, вопрос оценивается из 5 баллов. Максимальная оценка за контрольные работы составляет по 10 баллов за каждую.

Контрольная работа №1. Раздел 1.

1. Определение термина «Минерал».
2. Условия образования техногенных минералов
3. Особенности строения минералоида
4. Предмет исследования минералогии
5. «Первые минералоги» - кто они.
6. Алхимия и минералогия.
7. Время становления минералогии
8. Кристаллография как направление минералогии
9. Кристаллохимия как направление минералогии

10. Кристаллофизика как направление минералогии
11. Кристаллооптика как направление минералогии
12. Аналитическая химия и минералогия
13. Обнаружение новых химических элементов в 18-19 веках.
14. Химический состав минералов
15. Формы записи химического состава минералов
16. Особенности различных форм записи химического состава минерала.
17. Минералы с простым химическим составом.
18. Минералы со сложным химическим составом.
19. Минерал как химическое соединение переменного состава.
20. Кристаллогидраты и роль воды в строении минералов.
21. Явление изоморфизма
22. Изоморфные ряды и понятие о менале
23. Правила изоморфных замещений
24. Виды изоморфизма
25. Химические связи в минералах
26. Влияние химических связей на физические и химические свойства.
27. Полиморфизм
28. Факторы полиморфных переходов
29. Политипия
30. Твердые растворы
31. Причины распада твердых растворов
32. Структуры распада твердых растворов
33. Минеральные агрегаты
34. Формы выделения минералов
35. Габитус (облик кристаллов)
36. Цвет минералов
37. Причины окрашивания минералов
38. Идиохроматическая окраска минералов (физический смысл явления)
39. Аллохроматическая окраска минералов (физический смысл явления)
40. Цвет черты (цвет минерала в порошке)
41. Блеск минерала
42. Связь блеска с коэффициентом преломления (через отражательную способность)
43. Твердость минералов
44. Методы определения твердости минералов
45. Определение твердости по эталонам шкалы Мооса
46. Спайность и её связь со структурой минерала
47. Излом и отдельность
48. Удельный вес и методы его определения
49. Упругость и ковкость минералов
50. Люминесценция минералов
51. Радиоактивность минералов
52. Химические свойства минералов
53. Особые свойства минералов

54. Представление о генезисе минералов, факторы, определяющие направление и ход процессов.
55. Энергетические аспекты процессов минералообразования
56. Эндогенные процессы минералообразования. Магматизм.
57. Пегматитовые процессы
58. Скарновые процессы
59. Пневмолитовые процессы
60. Гидротермальные процессы
61. Экзогенные процессы минералообразования.
62. Химогенные процессы
63. Биогенные процессы
64. Процессы массопереноса в экзогенных условиях
65. Метаморфизм.
66. Региональный метаморфизм. Фации метаморфизма.
67. Импактные процессы и астроблемы.
68. Минеральные ассоциации и парагенезис минералов
69. Типоморфизм минералов
70. Типоморфные минералы и типоморфные признаки

Контрольная работа №2. Раздел 2.

71. Различные типы классификации минералов
72. Современная систематика минералов и её принципы
73. Иерархия в минералогической классификации
74. Простые вещества в природе и их классификация
75. Группа самородного золота
76. Группы серы и углерода
77. Сульфиды и их аналоги
78. Галоиды
79. Оксиды
80. Гидроксиды
81. Карбонаты
82. Сульфаты
83. Фосфаты, арсенаты, ванадаты
84. Молибдаты, вольфраматы
85. Хроматы
86. Бораты
87. Общие представления о силикатах
88. Островные силикаты
89. Ленточные силикаты и алюмосиликаты
90. Листовые силикаты и алюмосиликаты
91. Каркасные алюмо- и боросиликаты

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины. Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40 баллов.

Пример билета к зачету с оценкой.

<i>«Утверждаю»</i> <i>Зав.кафедрой</i> _____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 18.03.01 Химическая технология Профиль «Химическая технология материалов электроники»
	Минералогия
Билет № 1	
1. Влияние химических связей на физические и химические свойства в минералах.	
2. Типоморфные минералы и типоморфные признаки.	

9 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Минералогия и кристаллография: методические указания по выполнению контрольных работ: Учебное пособие / сост.: О. П. Баринаова, С. В. Кирсанова. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. - 51 с.: ил
2. Минералогия с основами кристаллографии: учебное пособие для академического бакалавриата / В. А. Буланов, А. И. Сизых, А. А. Белоголов; под научной редакцией Ф. А. Летникова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 230 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-07310-2. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://biblio-online.ru/bcode/438854>
3. Кулик, Н. А. Онтогенез минералов: учебное пособие для вузов / Н. А. Кулик. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 91 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-09895-2. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://biblio-online.ru/bcode/442276>

Б) Дополнительная литература

1. Х.Батти, А.Принг Минералогия для студентов. М.: Мир. 2001 426 с.
2. Белов Н.В. Очерки по структурной минералогии. М.: Недра, 1976. 344 с.
3. Брэгг У.Л., Кларингбулл Г.Д. Кристаллическая структура минералов. М.: Мир, 1967. 390 с.
4. Вертушков Г.Н., Авдонин В.Н. Таблицы для определения минералов по физическим и химическим свойствам. М.: Недра, 1992. 489 с.
5. Годовиков А.А. Введение в минералогию. Новосибирск: 1973. 256 с.
6. Годовиков А.А. Минералогия. М.: Недра, 1983. 647 с.

7. Егоров-Тисменко Ю.К., Литвинская Г.П. Теория симметрии кристаллов. М.: ГЕОС, 2000. 394 с.

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Минералогия» Института минералогии УрО РАН ISSN 2313-545X
- Минеральные ресурсы России <https://karatu.ru/mineralnye-resursy-rossii/>
- МОИП. Бюллетень. Отдел геологический
- Петрология
- Doklady Earth Sciences ISSN: 1028-334X
- Petrology ISSN: 0869-5911
- Geology of Ore Deposits ISSN: 1075-7015
- Mineralogical Almanac,
- the Mineralogical Record

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет

- <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека
- <http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России
- <http://lib.msu.ru> - Научная библиотека Московского государственного университета
- <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека
- <http://www.intechopen.com/> - In Tech. Open Science
- <http://www.scirp.org/journal/Index.aspx> - Scientific research. Open Access
- <http://bookfi.org/g/> - BookFinder. Самая большая электронная библиотека рунета. Поиск книг и журналов
- <http://www.portalnano.ru/> - Нанотехнологии и наноматериалы. Федеральный интернет-портал
- <http://nano-portal.ru/> - Нано Портал - Нанотехнологии России
- <http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - Сайт ФИПС. Информация о патентах
- <http://abc-chemistry.org/ru/> - ABC-Chemistry: Бесплатная научная химическая информация
- <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
- <https://intellect.ml/category/electronica-i-fotonika> - Электроника и фотоника
- <http://www.laser-portal.ru> - Лазерный Портал
- www.centerprioritet.ru – СМЦ «Приоритет» - техническая документация исследований (ИКСИ) – заказ литературы, русскоязычные издания

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 8;
- коллекция минералов, по разделам и классам минералов общим числом более 350 шт.;
- микроскопы МБС – 2 и -10, МН-5, МИН-8;
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 91);

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 01.01.2023 составляет 1 727 628 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 «Минералогия» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная 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.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

- Комплекты плакатов к разделам лекционного курса;
- Коллекция минералов, по разделам и классам.
- Наборы эталонов шкалы Мооса.
- Бисквит, лупы 6-х.
- Набор реактивов.
- Микроскопы МБС-2, МБС-10, МИН-8, набор иммерсионных жидкостей.

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; копирующие 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; альбомы и рекламные материалы.

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.

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Введение в минералогию.	<i>Знает:</i> - определение минерала, химический свойства. - основные понятия минералогии (изоморфизм, полиморфизм, двойникование, типоморфизм и пр.) - Процессы генезиса минералов и его особенности. <i>Умеет:</i> - Пользоваться современным оборудованием, необходимым для диагностики минеральных фаз - Определять физические и химические свойств минералов на макро- и микроуровне. - Диагностировать минералы по комплексу свойств и парагенетическим ассоциациям. <i>Владеет:</i> - навыком определения минералов.	Оценка за контрольную работу Оценка за реферат Оценка за зачет с оценкой
Раздел 2. Современная минералогическая		Оценка за

<p>систематика (описательная минералогия).</p>	<p><i>Знает:</i> - общие принципы классификации минералов и знать все основные разделы, структурно-химические классы и группы минералов. Процессы генезиса минералов и его особенности. <i>Умеет:</i> - Диагностировать минералы по комплексу свойств и парагенетическим ассоциациям. <i>Владеет:</i> - навыком определения минералов.</p>	<p>контрольную работу Оценка за зачет с оценкой</p>
--	--	---

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
«Минералогия»
основной образовательной программы**

18.03.01 «Химическая технология»

Профиль – «Химическая технология материалов электроники»

«Основная образовательная программа высшего образования – программа бакалавриата»

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»



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

Ф.А. Колоколов

« 01 » 09 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

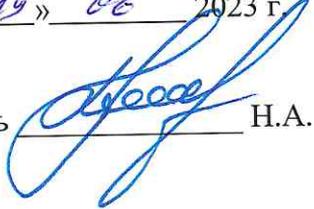
«Оборудование и основы проектирования предприятий по производству
технических монокристаллов»

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
(Код и наименование направления подготовки)

Профиль подготовки – «Химическая технология материалов электроники»
(Наименование профиля подготовки)

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
« 19 » 06 2023 г.

Председатель  Н.А. Макаров

Москва 2023

Программа составлена:

Доцентом кафедрой химии и технологии кристаллов, к.х.н. Маяковой М.Н.

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

(Наименование кафедры)

«16» мая 2023 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, профиль «Химическая технология материалов электроники», рекомендациями Методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 2 семестров.

Программа относится к вариативной части учебного плана, к блоку дисциплин по выбору и рассчитана на изучение дисциплины в 6 и 7 семестрах обучения. Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общей химии, математики, физики, физической химии, кристаллографии.

Цель дисциплины – подготовка конкурентоспособных специалистов для подразделений центров высоких технологий в области материаловедения и, в частности, в области разработки и применения новых монокристаллических материалах.

Основные задачи:

- подготовить специалистов в области анализа и разработки сложных технологических систем и соответствующих систем оборудования для обеспечения технологических функций;
- подготовить специалистов в области проектирования персональной структуры предприятий в области высоких технологий, специализирующихся на применении монокристаллических материалов;
- подготовить специалистов в области проектирования инфраструктуры предприятий, специализирующихся на производстве монокристаллов и монокристаллических изделий на уровне составления технических заданий на такое проектирование.
- подготовить специалистов в области проектирования промышленных систем утилизации отходов на производствах монокристаллов и монокристаллических изделий

Дисциплина *«Оборудование и основы проектирования предприятий по производству технических монокристаллов»* преподается в 6 и 7 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:**

Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.3 Владеет навыками поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; использования системного подхода для решения поставленных задач
Экономическая культура, в том числе финансовая грамотность	УК-10. Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности	УК-10.2 Умеет использовать экономические знания в различных сферах деятельности, анализировать и обобщать экономическую информацию для принятия обоснованных управленческих решений

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				
<p>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.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство;</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ</p>	<p>ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции</p>	<p>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.</p> <p>Профессиональный стандарт 26.017 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПОДГОТОВКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ PVD-ПОКРЫТИЙ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 августа 2017 г. N 644н, Обобщенная трудовая функция С. Организация производственного процесса нанесения наноструктурированного PVD-покрытия. С/05.6. Контроль соблюдения технологических процессов на участке PVD-покрытий (уровень квалификации – б).</p>

				<p>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 июля 2014 года N 446н,</p> <p>Обобщенная трудовая функция</p> <p>D. Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий.</p> <p>D/02.6 Разработка технических требований к модернизации технологических линий с целью реализации концепции производства и оптимизации технологических процессов с учетом требований систем менеджмента</p> <p>D/04.6 Разработка методик и техническое руководство экспериментальной проверкой технологических процессов и исследованием параметров наноструктурированных материалов (уровень квалификации – б).</p>
--	--	--	--	--

<p>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.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство;</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-4. Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники</p>	<p>ПК-4.1. Знает технологическое оборудование для производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники и правила его эксплуатации</p> <p>ПК-4.2. Умеет подбирать технологические параметры процесса производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники</p>	<p>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.</p> <p>Профессиональный стандарт 26.017 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПОДГОТОВКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ PVD-ПОКРЫТИЙ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 августа 2017 г. N 644н, Обобщенная трудовая функция С. Организация производственного процесса нанесения наноструктурированного PVD-покрытия. С/05.6. Контроль соблюдения технологических процессов на участке PVD-покрытий (уровень квалификации – 6).</p> <p>Профессиональный стандарт 29.002 «СПЕЦИАЛИСТ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ПРИБОРОВ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И ФОТОНИКИ», утвержденный приказом Министерства труда и</p>
---	--	---	--	--

				<p>социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. N 598н, Обобщенная трудовая функция D. Техническая подготовка технологической базы производства приборов квантовой электроники и фотоники. D/04.6 Приведение функциональных возможностей оборудования в соответствие специфическим требованиям процессов нанотехнологии (уровень квалификации – 6).</p> <p>Профессиональный стандарт 40.011 «СПЕЦИАЛИСТ ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИМ РАЗРАБОТКАМ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04 марта 2014 года N 121н, Обобщенная трудовая функция A. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. A/02.5 Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок (уровень квалификации – 5).</p>
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- основные термины и понятия необходимые для понимания курса, особенности производств и предприятий, работающих в области высоких технологий и в частности в области производства монокристаллов и монокристаллических изделий;
- правила проектирования технологической, аппаратурной и персональной структур производства монокристаллов и монокристаллических изделий;
- состав технического задания на проектирование инфраструктуры предприятия, занимающихся производством монокристаллов и монокристаллических изделий;

Уметь:

- проектировать технологические, аппаратурные и персональные структуры производства монокристаллов и монокристаллических изделий.

Владеть:

- практическими навыками анализа сложных технологических и аппаратурных систем.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Дисциплина изучается в 6 и 7 семестрах бакалавриата на базе знаний, полученных студентами на первых курсах. Контроль освоения студентами материала осуществляется путем проведения экзамена и защиты курсового проекта.

Виды учебной работы	Семестр					
	ВСЕГО		6 семестр		7 семестр	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	6	216	4	144	2	72
Аудиторные занятия:	2,0	64	2	48	0,5	16
Лекции (Лек)	1	32	1	32	-	-
Практические занятия (ПЗ)	1,0	32	0,5	16	0,5	16
Самостоятельная работа (СР):	3,0	116	1,5	60	1,5	56
Контактная самостоятельная работа	1	0,4	1,5			0,4
Самостоятельное изучение разделов дисциплины						
Курсовой проект	1,5	36	-	-	1,5	55,6
Вид контроля:						
Зачет с оценкой						+
Экзамен	1	36	1	36		
Контактная работа – промежуточная аттестация				0,4		
Подготовка к экзамену.				35,6		

Вид итогового контроля:			Экзамен	Зачет с оценкой		
Виды учебной работы			Семестр			
	ВСЕГО		6 семестр		7 семестр	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч	ЗЕ	Астр. ч
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	6		4	108	2	54
Аудиторные занятия:	2,0	48	2	36	0,5	12
Лекции (Лек)	1	24	1	24	-	-
Практические занятия (ПЗ)	1,0	24	0,5	12	0,5	12
Самостоятельная работа (СР):	3,0	96	1,5	45	1,5	42
Контактная самостоятельная работа	1,5	0,3	1,5			0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины						
Курсовой проект	1,5	27	-	-	1,5	41,7
Вид контроля:						
Зачет с оценкой						+
Экзамен	1	27	1	27		
Контактная работа – промежуточная аттестация				0,3		
Подготовка к экзамену				26,7		
Вид итогового контроля:			Экзамен		Зачет с оценкой	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Разделы дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лек-ции	Прак. Зан.	Сам. работа
1	Раздел 1. Общие сведения о проектировании предприятий	68	12	8	20
2	Раздел 2. Расчетные схемы предприятий	68	12	8	20
3	Раздел 4. Выполнение курсового проекта	44	8	16	20
	ИТОГО	180	32	32	116
	Экзамен	36			
	Курсовой проект	72		16	56
	ИТОГО	216	32	32	128

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Общие сведения о проектировании предприятий

- Понятия: «предприятие», «производство», «технологическая линия», «установка», «система установки», «блок системы», «элемент системы», «узел системы».
- Состав технологической линии. Факторы, определяющие техно-экономическую эффективность технологической линии.
- Состав персонала технологической линии. Психо-физические нормативы обслуживания оборудования.
- Параметрические ряды машин и их состав с типоразмерами монокристаллов и производительностью технологической линии.
- Технологические линии с непрерывным процессом выращивания монокристаллов, их производительность.
- Синхронизированные технологические линии, их техно-экономическая эффективность.
- Конвейерные технологические линии для производства монокристаллических изделий, их производительность.
- Гибкие перестраиваемые линии. Универсализация оборудования. Ассортимент, виды ассортимента, кодификация ассортимента. Рыночная эффективность ассортимента.
- Технологические линии с повышенным уровнем качества монокристаллов и монокристаллических изделий. Методы очистки сырьевых продуктов. Перекристаллизация. Оптимизация уровня качества. Техно-экономическая эффективность уровня качества.
- Технологические линии с утилизацией отходов. Виды утилизации отходов. Методы утилизации. Расчетные схемы утилизации. Техно-экономическая эффективность утилизации.

Раздел 2. Расчетные схемы предприятий

- Технологическая схема производства. Правила составления технологической схемы.
- Расчетная схема переработки сырьевых продуктов в монокристаллы. Расчет мощности производства по монокристаллам.
- Расчетная схема переработки монокристаллов в монокристаллические изделия. Расчет мощности производства по монокристаллическим изделиям.

- Расчетная схема переработки сырья в сырьевые продукты. Расчет мощности производства по сырьевым продуктам. Расчет расхода сырья.
- Расчет вспомогательного сырья и материалов.
- Динамика структуры предприятия.
- Аппаратурная структура производства.
- План производственных помещений.
- Структура средств техники безопасности, охраны труда и охраны окружающей среды.

Раздел 3. Курсовой проект Особенности создания производств на основе нанотехнологий

**5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ
К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:				
1	· основные термины и понятия необходимые для понимания курса, особенности производств и предприятий, работающих в области высоких технологий и, в частности, в области производства монокристаллов и монокристаллических изделий;		+	+	
2	· правила проектирования технологических, аппаратурных и персональных структур производства монокристаллов и монокристаллических изделий;		+	+	
3	· состав технического задания на проектирование инфраструктуры предприятия, занимающихся производством монокристаллов и монокристаллических изделий;		+	+	
	Уметь:				
4	– проектировать технологические, аппаратурные и персональные структуры производства монокристаллов и монокристаллических изделий.		+		+
	Владеть:				
5	– практическими навыками анализа сложных технологических и аппаратурных систем.		+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</i>					
	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК			
7	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.3 Владеет навыками поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; использования системного подхода для решения поставленных задач			+
8	УК-10 Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности	УК-10.2 Умеет использовать экономические знания в различных сферах деятельности, анализировать и обобщать экономическую информацию для принятия обоснованных управленческих решений			+
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			

15	ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции			+
18	ПК-4. Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники	ПК-4.1. Знает технологическое оборудование для производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники и правила его эксплуатации			+
19		ПК-4.2. Умеет подбирать технологические параметры процесса производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники			+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерный перечень практических занятий

№ пп	Раздел	Темы практических занятий	Часы
1	1	Составление персональной структуры минимального предприятия на первых трех этапах капитализации.	5
2	1	Составление персональной структуры минимального предприятия на четвертом, пятом и шестом этапах капитализации.	5
3	1	Составление типовой технологической схемы взятия примерно установленной навески.	5
	1	Составление типовой технологической схемы взятия заданной навески.	5

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторных занятий по дисциплине «Оборудование и основы проектирования предприятий по производству технических монокристаллов» не предусмотрено.

6.3. Курсовой проект

Курсовой проект по дисциплине «Оборудование и основы проектирования предприятий по производству технических монокристаллов».

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;
- подготовку к сдаче экзамена.

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.

Рабочей программой дисциплины «Оборудование и основы проектирования предприятий по производству технических монокристаллов» 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.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине в 6 семестре складывается из оценок за практические занятия (максимальная оценка 45 баллов), реферата (максимальная оценка 15 баллов), итогового контроля в форме экзамена (максимальная оценка 40 баллов); в 7 семестре – оценка за выполнение курсового проекта (максимальная оценка 100 баллов).

Курсовой проект выполняется в 7 семестре. Оценивается как зачет с оценкой из 100 баллов, Общая оценка складывается из оценки пояснительной записки (максимальная оценка 30 баллов) чертежей и технологических схем (максимальная оценка 20 баллов), доклада (максимальная оценка 10 баллов) и ответы на вопросы (максимальная оценка 40 баллов). Максимальная оценка за курсовой проект – 100 баллов.

Курсовой проект составляется на основе опыта, приобретенного студентом во время прохождения Производственной практики: практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности» (Б2.В.03 (П). Описания должны быть сжатыми, ясными и сопровождаться цифровыми данными, эскизами, схемами, графиками и чертежами. Курсовой проект должен включать в себя следующие разделы:

1. Титульный лист
2. Задание
3. Оглавление
4. Введение
5. Актуальность проектирования производства, указанного в задании
6. Обзор литературы
7. Технология производства
8. Технологический расчет
9. Экономический расчет
10. Охрана труда и техника безопасности
11. Заключение
12. Список используемой литературы

Общий объем курсового проекта должен составлять 40–50 страниц машинописного текста. Рекомендуется использовать шрифт Times New Roman 14 пунктов, интервал 1,5. Поля слева должны быть 25–30 мм под переплет, с других сторон 10–15 мм. Формы титульного листа и листа с заданием приведены в Приложениях 1 и 2.

К курсовому проекту прилагаются чертеж общего вида основного оборудования, технологическая схема и калькуляция себестоимости на листах А1 или А2. Чертеж общего вида основного оборудования выполняется со стандартной рамкой, может быть выполнен в компьютерных программах AutoCAD, Компас и аналогичных. Технологическая схема и калькуляция себестоимости могут быть выполнены в произвольном формате.

1. Спроектировать участок по производству лютеций-алюминиевого граната (LuAG), легированного Yb (1,5 моль.%), методом Чохральского на установке «Кристалл – 2» производительностью 900 кг в год
2. Спроектировать участок по производству натрий-лантанового смешанного молибдата-вольфрамата, легированного Nd (1 моль.%), методом Чохральского на установке «Кристалл – 2» производительностью 500 кг в год

3. Спроектировать участок по производству литий-галлий силиката (LiGaSiO_4) легированного Cr (0,2 моль%) методом зонной плавки на установке с оптическим нагревом производительностью 200 кг в год
4. Спроектировать участок по производству фианита, стабилизированного оксидом иттрия, легированного Er (3 моль.%) методом холодного контейнера на установке с индукционным нагревом производительностью 1500 кг в год
5. Спроектировать участок по производству частично стабилизированного диоксида циркония (ЧСЦ), солегированного Nd-Ce методом холодного контейнера на установке с индукционным нагревом производительностью 5000 кг в год
6. Спроектировать участок по производству лейкосапфровых пластин методом Киропулуса на установке «Ника М 30» производительностью 6000 кг в год.
7. Спроектировать участок по производству лейкосапфровых труб (диаметр 50 мм, длина 400 мм, толщина стенки 5 мм) методом Степанова на установке «Ника-С» производительностью 1500 кг в год
8. Спроектировать участок по производству лейкосапфровых лент (ширина 60 мм, длина 400 мм, толщина 5 мм) методом Степанова на установке «Ника-С» или «Ника-профиль» производительностью 1200 кг в год
9. Спроектировать участок по производству лейкосапфровых стержней (прямоугольного сечения размер 5x8 мм, длина 400 мм), методом Степанова, на установке «Ника-С», производительностью 1000 кг в год
10. Спроектировать участок по производству лейкосапфровых полусфер (диаметр основания 120 мм, высота 60 мм, толщина стенки 6 мм) методом динамического формообразования, на установке «Ника-профиль», производительностью 800 кг в год.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Контрольная работа №1

1. Понятия: «предприятие», «производство», «технологическая линия», «установка», «система установки», «блок системы», «элемент системы», «узел системы».
2. Состав технологической линии. Факторы, определяющие техно-экономическую эффективность технологической линии.
3. Психо-физические нормативы обслуживания оборудования.
4. Состав персонала технологической линии.
5. Состав инфраструктуры производства.
6. Параметрические ряды машин и их состав с типоразмерами монокристаллов и производительностью технологической линии.
7. Технологические линии с непрерывным процессом выращивания монокристаллов, их производительность.
8. Синхронизированные технологические линии, их техно-экономическая эффективность.
9. Конвейерные технологические линии для производства монокристаллических изделий, их производительность.
10. Гибкие перестраиваемые линии. Универсализация оборудования. Ассортимент, виды ассортимента, кодификация ассортимента. Рыночная эффективность ассортимента.
11. Технологические линии с повышенным уровнем качества монокристаллов и монокристаллических изделий. Методы очистки сырьевых продуктов.

- Перекристаллизация. Оптимизация уровня качества. Техно-экономическая эффективность уровня качества.
12. Технологические линии с утилизацией отходов. Виды утилизации отходов. Методы утилизации. Расчетные схемы утилизации. Техничко-экономическая эффективность утилизации.
 13. Правила составления технологической схемы: изображение и обозначение основных и вспомогательных материальных потоков технологических операций, групп технологических операций и сторонних вспомогательных производств.

Контрольная работа №2

1. Правила составления технологической схемы: типовая технологическая структура и вспомогательное производство.
2. Правила составления технологической схемы: правила объединения блоков технологической схемы в один блок.
3. Правила составления технологической схемы: тары, контейнеры, трубопроводы и транспортеры.
4. Правила составления технологической схемы: операционный цикл, операция «фиксированное размещение».
5. Расчетная схема переработки сырьевых продуктов в монокристаллы. Расчет мощности производства по монокристаллам.
6. Расчетная схема переработки монокристаллов в монокристаллические изделия. Расчет мощности производства по монокристаллическим изделиям.
7. Расчетная схема переработки сырья в сырьевые продукты. Расчет мощности производства по сырьевым продуктам. Расчет расхода сырья.
8. Расчет вспомогательного сырья и материалов.
9. Динамика структуры предприятия.
10. Аппаратурная структура производства.
11. План производственных помещений.
12. Структура средств техники безопасности, охраны труда и охраны окружающей среды.

8.3. Примеры контрольных вопросов для контроля освоения дисциплины на экзамене

Итоговый контроль проводится в форме устного опроса. Билет для проведения экзамена содержит 2 вопроса, максимальная оценка за каждый вопрос – 20 баллов. Общая оценка складывается путем суммирования оценок за две контрольные работы (максимум 30 баллов каждая) и ответ на экзамене (максимум 40 баллов). Максимальная оценка зачета – 100 баллов.

Примеры контрольных вопросов на экзамене

1. Понятия: «предприятие», «производство», «технологическая линия», «установка», «система установки», «блок системы», «элемент системы», «узел системы».
2. Состав технологической линии. Факторы, определяющие техно-экономическую эффективность технологической линии.
3. Психо-физические нормативы обслуживания оборудования.
4. Состав персонала технологической линии.
5. Состав инфраструктуры производства.
6. Параметрические ряды машин и их состав с типоразмерами монокристаллов и производительностью технологической линии.
7. Технологические линии с непрерывным процессом выращивания монокристаллов, их

- производительность.
8. Синхронизированные технологические линии, их техно-экономическая эффективность.
 9. Конвейерные технологические линии для производства монокристаллических изделий, их производительность.
 10. Гибкие перестраиваемые линии. Универсализация оборудования. Ассортимент, виды ассортимента, кодификация ассортимента. Рыночная эффективность ассортимента.
 11. Технологические линии с повышенным уровнем качества монокристаллов и монокристаллических изделий. Методы очистки сырьевых продуктов. Перекристаллизация. Оптимизация уровня качества. Техно-экономическая эффективность уровня качества.
 12. Технологические линии с утилизацией отходов. Виды утилизации отходов. Методы утилизации. Расчетные схемы утилизации. Техничко-экономическая эффективность утилизации.
 13. Правила составления технологической схемы: изображение и обозначение основных и вспомогательных материальных потоков технологических операций, групп технологических операций и сторонних вспомогательных производств.
 14. Правила составления технологической схемы: типовая технологическая структура и вспомогательное производство.
 15. Правила составления технологической схемы: правила объединения блоков технологической схемы в один блок.
 16. Правила составления технологической схемы: тары, контейнеры, трубопроводы и транспортеры.
 17. Правила составления технологической схемы: операционный цикл, операция «фиксированное размещение».
 18. Расчетная схема переработки сырьевых продуктов в монокристаллы. Расчет мощности производства по монокристаллам.
 19. Расчетная схема переработки монокристаллов в монокристаллические изделия. Расчет мощности производства по монокристаллическим изделиям.
 20. Расчетная схема переработки сырья в сырьевые продукты. Расчет мощности производства по сырьевым продуктам. Расчет расхода сырья.
 21. Расчет вспомогательного сырья и материалов.
 22. Динамика структуры предприятия.
 23. Аппаратурная структура производства.
 24. План производственных помещений.
 25. Структура средств техники безопасности, охраны труда и охраны окружающей среды.

8.4. Структура и пример билетов к экзамену.

<i>«Утверждаю»</i> Зав. кафедрой ХТК И.Х. Аветисов <hr/> «__» _____ 20__	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии кристаллов
	18.03.01 Химическая технология
	Профиль - Химическая технология материалов электроники
	Оборудование и основы проектирования предприятий по производству технических монокристаллов

Билет № 1

1. Понятия: «предприятие», «производство», «технологическая линия», «установка», «система установки», «блок системы», «элемент системы», «узел системы».
2. Структура средств техники безопасности, охраны труда и охраны окружающей среды.

Отчетные материалы по курсовому проекту по дисциплине «Оборудование и основы проектирования предприятий по производству тонкопленочных гетероструктур» включают пояснительную записку, чертежи оборудования технологические схемы. Общая оценка складывается из оценки пояснительной записки (максимальная оценка 30 баллов) чертежей и технологических схем (максимальная оценка 20 баллов), доклада (максимальная оценка 10 баллов) и ответы на вопросы (максимальная оценка 40 баллов). Максимальная оценка за курсовой проект – 100 баллов.

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, 176 с.
2. О.Б. Петрова, И.Х. Аветисов, И.В. Степанова. Методические указания по выполнению расчетов технологических процессов в производстве материалов электроники и нанoeлектроники: учебно-методическое пособие (учебное пособие), РХТУ, 2015, Москва, ISBN 978-5-7237-1263-8, 60 с.

Б. Дополнительная:

1. Х.С. Багдасаров. Высокотемпературная кристаллизация из расплава. М.: Физматлит, 2004, 160 с.
2. В.А. Тимофеева. Рост кристаллов из раствор-расплавов. М.: Наука, 1978, 268 с.
3. В.А. Татарченко. Устойчивый рост кристаллов. М.: Наука, 1988, 240 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

1. Журнал неорганической химии ISSN: 0044-457X
2. Журнал общей химии ISSN: 0044-460X
3. «Неорганические материалы» ISSN: 0002-337X
4. Российский химический журнал ISSN: 0373-0247
5. «Успехи химии» ISSN: 0044-460X
6. Доклады Академии наук ISSN: 0869-5652
7. Журнал «Кристаллография» ISSN: 0023-4761
8. Экономические стратегии ISSN: 1680-094X
9. Journal of Chemical & Engineering Data ISSN: 1520-9568
10. Nature Nanotechnology ISSN: 1748-3387
11. Nature Chemistry ISSN: 1755-4330
12. Journal of Crystal Growth ISSN: 0022-0248

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, энерго- и ресурсоэффективным технологиям производства.
- www.centerprioritet.ru – СМЦ «Приоритет» - техническая документация исследований (ИКСИ) – заказ литературы, русскоязычные издания.
- <http://www.nanometer.ru/> - "Нанометр" - нанотехнологическое сообщество.
- <http://plasma.karelia.ru/pub/nano-kurs/> - «Нано Технологии».
- <http://www.nanonewsnet.ru/> - Нанотехнологии Nano news net | Сайт о нанотехнологиях #1 в России.
- <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. Самая большая электронная библиотека рунета. Поиск книг и журналов.
- http://www.twirpx.com/files/chidnustry/chemistry_tech/silicate/ - Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.
- 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:

1. установки для выращивания монокристаллов;
2. банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 25);
3. банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 25).

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 01.01.2023 составляет 1 727 628 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 *«Оборудование и основы проектирования предприятий по производству технических монокристаллов»* проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы студента.

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.	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> · основные термины и понятия необходимые для понимания курса, особенности производств и предприятий, работающих в области высоких технологий и, в частности, в области производства монокристаллов и монокристаллических изделий; · правила проектирования технологической, аппаратурной и персонально структур производства монокристаллов и монокристаллических изделий; · состав технического задания на проектирование инфраструктуры предприятия, занимающихся производством монокристаллов и монокристаллических изделий; <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> · проектировать технологические, аппаратурные и персональные структуры производства монокристаллов и монокристаллических изделий. <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> · практическими навыками анализа сложных технологических и аппаратурных систем. 	<p>Оценка за контрольную работу №1</p> <p>Оценка за экзамен</p> <p>Оценка за курсовой проект</p>
Раздел 2.	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> · основные термины и понятия необходимые для понимания курса, особенности производств и предприятий, работающих в области высоких технологий и в частности в области производства монокристаллов и монокристаллических изделий; 	<p>Оценка за контрольную работу №2</p> <p>Оценка за экзамен</p> <p>Оценка за курсовой проект</p>

	<ul style="list-style-type: none"> · правила проектирования технологической, аппаратурной и персонально структур производства монокристаллов и монокристаллических изделий; · состав технического задания на проектирование инфраструктуры предприятия, занимающихся производством монокристаллов и монокристаллических изделий; <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> · проектировать технологические, аппаратурные и персональные структуры производства монокристаллов и монокристаллических изделий. <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> · практическими навыками анализа сложных технологических и аппаратурных 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 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
«Оборудование и основы проектирования предприятий по производству
технических монокристаллов»
основной образовательной программы**

18.03.01 «Химическая технология»

Профиль – «Химическая технология материалов электроники»

«Основная образовательная программа высшего образования – программа бакалавриата»

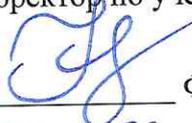
Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
2.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

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



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе


Ф.А. Колоколов

« 01 » 09 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Оборудование и основы проектирования предприятий по производству
тонкопленочных гетероструктур»

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
(Код и наименование направления подготовки)

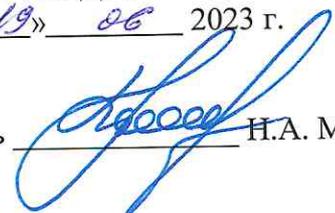
Профиль подготовки – «Химическая технология материалов электроники»
(Наименование профиля подготовки)

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии

РХТУ им. Д.И. Менделеева

« 19 » 06 2023 г.

Председатель  Н.А. Макаров

Москва 2023

Программа составлена:
Доцентом кафедры химии и технологии кристаллов, к.т.н. Коендо И.Ю.

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

«16» мая 2023 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, профиль «Химическая технология материалов электроники», рекомендациями Методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 2 семестров.

Программа относится к вариативной части учебного плана, к блоку дисциплин по выбору (Б1.В.ДВ.05.02) и рассчитана на изучение дисциплины в 6 и 7 семестрах обучения. Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общей химии, математики, физики, физической химии, кристаллографии.

Цель дисциплины – обучение студентов бакалавриата знаниям, умениям и навыкам использования информации о методах и оборудовании для производства тонкопленочных гетероструктур для приборов электроники и фотоники.

Задачи дисциплины - ознакомление с основами организации предприятий по производству тонкопленочных гетероструктур на основе полупроводниковых соединений; ознакомление с конструктивными и технологическими особенностями оборудования для формирования тонкопленочных гетероструктур для приборов электроники и фотоники.

Дисциплина *«Оборудование и основы проектирования предприятий по производству тонкопленочных гетероструктур»* преподается в 6 и 7 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:**

Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.3 Владеет навыками поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; использования системного подхода для решения поставленных задач
Экономическая культура, в том числе финансовая грамотность	УК-10. Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности	УК-10.2 Умеет использовать экономические знания в различных сферах деятельности, анализировать и обобщать экономическую информацию для принятия обоснованных управленческих решений

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				
<p>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.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство;</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ</p>	<p>ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции</p>	<p>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.</p> <p>Профессиональный стандарт 26.017 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПОДГОТОВКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ PVD-ПОКРЫТИЙ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 августа 2017 г. N 644н, Обобщенная трудовая функция С. Организация производственного процесса нанесения наноструктурированного PVD-покрытия. С/05.6. Контроль соблюдения технологических процессов на участке PVD-покрытий (уровень квалификации – б).</p>

				<p>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 июля 2014 года N 446н,</p> <p>Обобщенная трудовая функция</p> <p>D. Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий.</p> <p>D/02.6 Разработка технических требований к модернизации технологических линий с целью реализации концепции производства и оптимизации технологических процессов с учетом требований систем менеджмента</p> <p>D/04.6 Разработка методик и техническое руководство экспериментальной проверкой технологических процессов и исследованием параметров наноструктурированных материалов (уровень квалификации – б).</p>
--	--	--	--	--

<p>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.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство;</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-4. Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники</p>	<p>ПК-4.1. Знает технологическое оборудование для производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники и правила его эксплуатации</p> <p>ПК-4.2. Умеет подбирать технологические параметры процесса производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники</p>	<p>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.</p> <p>Профессиональный стандарт 26.017 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПОДГОТОВКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ PVD-ПОКРЫТИЙ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 августа 2017 г. N 644н, Обобщенная трудовая функция С. Организация производственного процесса нанесения наноструктурированного PVD-покрытия. С/05.6. Контроль соблюдения технологических процессов на участке PVD-покрытий (уровень квалификации – 6).</p> <p>Профессиональный стандарт 29.002 «СПЕЦИАЛИСТ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ПРИБОРОВ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И ФОТОНИКИ», утвержденный приказом Министерства труда и</p>
---	--	---	--	--

				<p>социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. N 598н, Обобщенная трудовая функция D. Техническая подготовка технологической базы производства приборов квантовой электроники и фотоники. D/04.6 Приведение функциональных возможностей оборудования в соответствие специфическим требованиям процессов нанотехнологии (уровень квалификации – 6).</p> <p>Профессиональный стандарт 40.011 «СПЕЦИАЛИСТ ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИМ РАЗРАБОТКАМ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04 марта 2014 года N 121н, Обобщенная трудовая функция A. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. A/02.5 Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок (уровень квалификации – 5).</p>
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- Классификация методов получения пленок в технологиях гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники.
- Классификация оборудования для получения пленок в технологиях гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники.
- 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.

Уметь:

- Формулировать требования к технологическому оборудованию для получения гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники.
- Осуществлять выбор методов и оборудования для производства гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники.
- Составлять компоненты технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEMI).

Владеть:

- Информацией о современных и перспективных методах получения тонкопленочных гетероструктур для различных приборов электроники и фотоники.
- Информацией по основным типам технологического оборудования при формировании тонкопленочных гетероструктур для различных приборов электроники и фотоники вакуумными методами.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Дисциплина изучается в 6 и 7 семестрах бакалавриата на базе знаний, полученных студентами на первых курсах. Контроль освоения студентами материала осуществляется путем проведения экзамена и защиты курсового проекта.

Виды учебной работы	Семестр					
	ВСЕГО		6 семестр		7 семестр	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	6	216	4	144	2	72
Аудиторные занятия:	2,0	64	2	48	0,5	16
Лекции (Лек)	1	32	1	32	-	-
Практические занятия (ПЗ)	1,0	32	0,5	16	0,5	16
Самостоятельная работа (СР):	3,0	116	1,5	60	1,5	56
Контактная самостоятельная работа	1	0,4	1,5			0,4
Самостоятельное изучение						

разделов дисциплины						
Курсовой проект	1,5	36	-	-	1,5	55,6
Вид контроля:						
Зачет с оценкой						+
Экзамен	1	36	1	36		
Контактная работа – промежуточная аттестация				0,4		
Подготовка к экзамену.				35,6		
Вид итогового контроля:			Экзамен		Зачет с оценкой	

Виды учебной работы	Семестр					
	ВСЕГО		6 семестр		7 семестр	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч	ЗЕ	Астр. ч
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	6		4	108	2	54
Аудиторные занятия:	2,0	48	2	36	0,5	12
Лекции (Лек)	1	24	1	24	-	-
Практические занятия (ПЗ)	1,0	24	0,5	12	0,5	12
Самостоятельная работа (СР):	3,0	96	1,5	45	1,5	42
Контактная самостоятельная работа	1,5	0,3	1,5			0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины						
Курсовой проект	1,5	27	-	-	1,5	41,7
Вид контроля:						
Зачет с оценкой						+
Экзамен	1	27	1	27		
Контактная работа – промежуточная аттестация				0,3		
Подготовка к экзамену				26,7		
Вид итогового контроля:			Экзамен		Зачет с оценкой	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Разделы дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лек-ции	Прак. Зан.	Сам. работа
1	Раздел 1. Методы формирования тонкопленочных гетероструктур	68	12	8	20
2	Раздел 2. Производство с использованием вакуумных технологий	68	12	4	20
3	Раздел 3. Особенности создания производств на основе нанотехнологий.	44	8	4	20
4	Раздел 4. Выполнение курсового проекта	72		16	56
	ИТОГО	180	32	32	116
	Экзамен	36			
	Курсовой проект				
	ИТОГО	216	32	32	128

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Методы формирования тонкопленочных гетероструктур.

Классификация методов получения гетерофазных пленочных структур на основе аморфных, поликристаллических, монокристаллических и эпитаксиальных пленок.

Вакуумные методы получения тонких пленок. Технологии вакуумного термического распыления. Прямое и косвенное резистивное испарение. Конструкции испарителей. Требования к материалам испарителей и контейнеров. Электронно-лучевое распыление. Длиннофокусные пушки. Пушки Пирса. Технологии мишеней для электронно-лучевого распыления. Индукционное распыление. Конструктивные особенности и область применения. Лазерное испарение. Характеристика установок и требования к оборудованию.

Технология распыления материалов под действием нейтральных и заряженных частиц. Равновесная и неравновесная, высоко- и низкотемпературная плазма. Вольтамперная характеристика разрядов. Технология диодного, триодного и магнетронного распыления. Магнетроны постоянного тока и ВЧ магнетроны. Ионно-плазменное распыление. Реактивное ионно-плазменное распыление. Ионно-лучевое распыление. Реактивное ионно-лучевое распыление. Технологии мишеней для ионного и плазменного распыления.

Технология химического разложения пара. Выбор технологических материалов и конструктивные особенности различных вариантов метода. Технология бинарных сульфидных полупроводников. Условия получения поли- и монокристаллических структур.

Технология химического разложения пара при пониженных температуре и давлении. Номенклатура слоев, получаемых по технологии LT-LPCVD. Технология оксидных слоев для наноразмерных структур.

Технология химического разложения металлоорганических соединений в вакууме. Номенклатура металлоорганических соединений, используемых для получения слоев методом разложения металлоорганических соединений в вакууме (MOCVD). Конструктивные особенности вакуумного оборудования для многослойных

гетероструктур, получаемых методом MOCVD.

Раздел 2. Производство с использованием вакуумных технологий.

Понятие производства. Технологическая структура вакуумного производства. Производственные и технологические процессы. Составные части технологического процесса: операция, позиция, установка.

Основные типы технологического оборудования для создания контролируемой атмосферы в технологических агрегатах. Системы создания предварительного вакуума. Системы масляной и безмасляной откачки. Системы создания высокого и сверхвысокого вакуума. Системы шлюзования. Системы автоматического поддержания потоков рабочих газов при низких и сверхнизких давлениях.

Раздел 3. Особенности создания производств на основе нанотехнологий

Основные аспекты и особенности нанoeлектроники. Наноразмерные структурные компоненты. Зондовые технологии. Механические измерительные устройства с высокой разрешающей и детектирующей способностью.

Нанотехнологические компоненты современной электроники. Конвективные системы охлаждения. Закон Мюррея и рекурсивная система трубопроводов. Конструкция наноохладителя. Охлаждающая емкость в макроскопическом объеме. Токопроводящие дорожки. Изолирующие слои и контакты туннелирования. Модулируемые туннельные переходы.

Раздел 4. Курсовой проект Особенности создания производств на основе нанотехнологий

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать:				
1	– Классификация методов получения пленок в технологиях гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники.	+	+		
2	– Классификация методов получения пленок в технологиях гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники.	+	+		
3	– Основные этапы проектирования приборов электроники на основе гетерофазных пленочных структур.	+	+		+
4	– Технологические и эксплуатационные требования к оборудованию для производства гетерофазных пленочных структур.				
5	– Факторы, определяющие технологические потери при производстве гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники.				+
	Уметь:				
4	– Формулировать требования к технологическому оборудованию для получения гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники.	+		+	+
5	– Осуществлять выбор методов и оборудования для производства гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники.		+	+	+
6	– Составлять компоненты технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEM).	+	+	+	+
	Владеть:				
7	– Информацией о современных и перспективных методах получения тонкопленочных гетероструктур для различных приборов электроники и фотоники	+	+	+	+
8	– Информацией по основным типам технологического оборудования при формировании тонкопленочных гетероструктур для различных приборов электроники и фотоники вакуумными методами		+	+	+
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			
9	ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции		+	+

15	ПК-4. Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники	ПК-4.1. Знает технологическое оборудование для производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники и правила его эксплуатации			+	+
16		ПК-4.1. Знает технологическое оборудование для производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники и правила его эксплуатации		+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерный перечень практических занятий

№ пп	Раздел	Темы практических занятий	часы
1	1	Расчет процесса вакуумного термического напыления	15
2	2	Расчет производительности вакуумной технологической установки	15
3	3	Расчет формирования наноструктуры	15

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторных занятий по дисциплине «Оборудование и основы проектирования предприятий по производству тонкопленочных гетероструктур» не предусмотрено.

6.3. Курсовой проект

Курсовой проект по дисциплине «Оборудование и основы проектирования предприятий по производству тонкопленочных гетероструктур».

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;
- подготовку к сдаче экзамена.

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 «Оборудование и основы проектирования предприятий по производству тонкопленочных гетероструктур» 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.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине в 6 семестре складывается из оценок за практические занятия (максимальная оценка 45 баллов), реферата (максимальная оценка 15 баллов), итогового контроля в форме экзамена (максимальная оценка 40 баллов); в 7 семестре – оценка за выполнение курсового проекта (максимальная оценка 100 баллов).

8.1. Примерная тематика рефератов

Реферат по дисциплине выполняется в 6 семестре в часы, выделенные учебным планом на самостоятельную работу. Максимальная оценка реферата – 20 баллов.

- 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.

8.2. Примеры контрольных вопросов для оценки 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.

Примеры вопросов теста

Тест № 1. В некоторых заданиях может быть несколько правильных ответов, нужно выбрать все.

Вопрос №1: Гетерофазные пленочные структуры не классифицируют по	
Варианты ответов	
1	Агрегатному состоянию
2	Упорядоченности фаз
3	Химическому составу
4	Функциональному назначению
5	Сложности изготовления
Вопрос №2: Методы получения тонких пленок не могут быть:	
Варианты ответов	
1	вакуумные
2	Физические
3	Химические
4	Технические
5	экономические
Вопрос №3: Электронно-лучевая пушка осуществляет распыление материала за счет	
Варианты ответов	

1	Электронного удара
2	Лазерного испарения
3	Термического нагрева
4	Ионного распыления
5	Ни одним из вышеперечисленных способов
Вопрос №4: Лазерное испарение это вид	
Варианты ответов	
1	Локального испарения
2	Термического испарения
3	Лазерной абляции
4	Лучевого распыления
5	Ни один из вышеперечисленных вариантов
Вопрос №5: реактивное ионно-лучевое распыление достигается за счет	
Варианты ответов	
1	Потока ионов, движущихся с реактивной скоростью
2	Ионного пучка, сфокусированного в луч
3	Ионного пучка с протеканием химической реакции в плазме
4	Формирования плазмы, состоящей только из ионов
5	Ни один из вышеперечисленных вариантов
Вопрос №6: Диодное распыление это вариант	
Варианты ответов	
1	Термического распыления
2	Ионно-плазменного распыления
3	распыления диодным лазером
4	Химическое разложение пара
5	Распыления диодом
Вопрос №7:Метод CVD это	
Варианты ответов	
1	Термическое разложение пара
2	Химическое разложения пара
3	Химическое разложение пара при пониженном давлении
4	Метод выращивания монокристаллов
5	Метод формирования эпитаксиальных слоев
Вопрос №8:Мишень для электронно-лучевого распыления	
Варианты ответов	
1	Монокристаллический диск
2	Металлический диск
3	Керамический диск
4	Стекланный диск
5	Ни один из вышеперечисленных
Вопрос №9: Не является составной частью технологического процесса	
Варианты ответов	
1	Операция
2	Позиция
3	Установка
4	Остановка
5	Оснастка
Вопрос №10: тип промышленных вакуумных установок	
Варианты ответов	
1	С безмаслянной откачкой
2	С маслянной откачкой
3	Роторный
4	Кронвейрный
5	Любой из вышеперечисленных

Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 15 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, первый – 8 баллов, второй – 7 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1.

1. Классификация методов получения гетерофазных пленочных структур на основе аморфных, поликристаллических, монокристаллических и эпитаксиальных пленок.
2. Вакуумные методы получения тонких пленок.
3. Технологии вакуумного термического распыления. Прямое и косвенное резистивное испарение. Конструкции испарителей. Требования к материалам испарителей и контейнеров.
4. Электронно-лучевое распыление.
5. Типы электронных пушек: длиннофокусные пушки; пушки Пирса.
6. Технологии мишеней для электронно-лучевого распыления.
7. Индукционное распыление. Конструктивные особенности и область применения.
8. Лазерное испарение. Характеристика установок и требования к оборудованию.
9. Технология распыления материалов под действием нейтральных и заряженных частиц.
10. Равновесная и неравновесная, высоко- и низкотемпературная плазма: вольт-амперная характеристика разрядов.
11. Технология диодного, триодного и магнетронного распыления.
12. Магнетроны постоянного тока и высокочастотные магнетроны.
13. Ионно-плазменное распыление.
14. Реактивное ионно-плазменное распыление.
15. Ионно-лучевое распыление.
16. Реактивное ионно-лучевое распыление.
17. Технологии мишеней для ионного и плазменного распыления.
18. Технология химического разложения пара.
19. Выбор технологических материалов и конструктивные особенности различных вариантов метода химического разложения пара.

Вопрос 1.2.

1. Получение бинарных сульфидных полупроводников методом химического разложения пара: условия получения поли- и монокристаллических структур.
2. Технология химического разложения пара при пониженных температуре и давлении LT-LPCVD.
3. Номенклатура слоев, получаемых по технологии LT-LPCVD.
4. Номенклатура металлорганических соединений, используемых для получения слоев методом разложения металлорганических соединений в вакууме (MOCVD).
5. Конструктивные особенности вакуумного оборудования для многослойных гетероструктур, получаемых методом MOCVD.
6. Технологическая структура вакуумного производства.
7. Производственные и технологические процессы: составные части технологического процесса: операция, позиция, установка.
8. Основные типы технологического оборудования для создания контролируемой атмосферы в технологических агрегатах.
9. Системы создания предварительного вакуума.
10. Системы масляной и безмасляной откачки вакуумных установок.
11. Системы создания высокого и сверхвысокого вакуума.
12. Системы шлюзования и перемещения объектов между различными технологическими камерами вакуумных установок.
13. Системы автоматического поддержания потоков рабочих газов при низких и сверхнизких давлениях.
14. Основные аспекты и особенности нанoeлектроники.
15. Наноразмерные структурные компоненты.
16. Зондовые технологии.

17. Механические измерительные устройства с высокой разрешающей и детектирующей способностью.
18. Нанотехнологические компоненты современной электроники.
19. Закон Мюррея и рекурсивная система трубопроводов.
20. Конструкция наноохладителя: охлаждающая емкость в макроскопическом объеме.
21. Технологии изолирующих слоев и контактов туннелирования. Модулируемые туннельные переходы.

Итоговый контроль – экзамен

Итоговый контроль по модулю 1 проводится в форме устного опроса (экзамен). Билет для проведения экзамена содержит 2 вопроса, максимальная оценка за каждый вопрос – 20 баллов. Общая оценка складывается путем суммирования оценок за реферат (максимум 60 баллов) и ответ на экзамене (максимум 40 баллов). Максимальная оценка экзамена – 100 баллов.

Примеры контрольных вопросов

1. Классификация методов получения гетерофазных пленочных структур на основе аморфных, поликристаллических, монокристаллических и эпитаксиальных пленок.
2. Вакуумные методы получения тонких пленок.
3. Технологии вакуумного термического распыления. Прямое и косвенное резистивное испарение. Конструкции испарителей. Требования к материалам испарителей и контейнеров.
4. Электронно-лучевое распыление.
5. Типы электронных пушек: длиннофокусные пушки; пушки Пирса.
6. Технологии мишеней для электронно-лучевого распыления.
7. Индукционное распыление. Конструктивные особенности и область применения.
8. Лазерное испарение. Характеристика установок и требования к оборудованию.
9. Технология распыления материалов под действием нейтральных и заряженных частиц.
10. Равновесная и неравновесная, высоко- и низкотемпературная плазма: вольт-амперная характеристика разрядов.
11. Технология диодного, триодного и магнетронного распыления.
12. Магнетроны постоянного тока и высокочастотные магнетроны.
13. Ионно-плазменное распыление.
14. Реактивное ионно-плазменное распыление.
15. Ионно-лучевое распыление.
16. Реактивное ионно-лучевое распыление.
17. Технологии мишеней для ионного и плазменного распыления.
18. Технология химического разложения пара.
19. Выбор технологических материалов и конструктивные особенности различных вариантов метода химического разложения пара.
20. Получение бинарных сульфидных полупроводников методом химического разложения пара: условия получения поли- и монокристаллических структур.
21. Технология химического разложения пара при пониженных температуре и давлении LT-LPCVD.
22. Номенклатура слоев, получаемых по технологии LT-LPCVD.
23. Номенклатура металлоорганических соединений, используемых для получения слоев методом разложения металлоорганических соединений в вакууме (MOCVD).
24. Конструктивные особенности вакуумного оборудования для многослойных гетероструктур, получаемых методом MOCVD.
25. Технологическая структура вакуумного производства.
26. Производственные и технологические процессы: составные части технологического процесса: операция, позиция, установка.

27. Основные типы технологического оборудования для создания контролируемой атмосферы в технологических агрегатах.
28. Системы создания предварительного вакуума.
29. Системы масляной и безмасляной откачки вакуумных установок.
30. Системы создания высокого и сверхвысокого вакуума.
31. Системы шлюзования и перемещения объектов между различными технологическими камерами вакуумных установок.
32. Системы автоматического поддержания потоков рабочих газов при низких и сверхнизких давлениях.
33. Основные аспекты и особенности наноэлектроники.
34. Наноразмерные структурные компоненты.
35. Зондовые технологии.
36. Механические измерительные устройства с высокой разрешающей и детектирующей способностью.
37. Нанотехнологические компоненты современной электроники.
38. Закон Мюррея и рекурсивная система трубопроводов.
39. Конструкция наноохладителя: охлаждающая емкость в макроскопическом объеме.
40. Технологии изолирующих слоев и контактов туннелирования. Модулируемые туннельные переходы.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (6 семестр – экзамен, 7 семестр – курсовой проект). Максимальное количество баллов за экзамен – 40 баллов, за курсовой проект – 100 баллов

Итоговый контроль освоения материала дисциплины проводится в форме экзамена, включающего контрольные вопросы.

Экзамен по дисциплине *«Оборудование и основы проектирования предприятий по производству тонкопленочных гетероструктур»* включает контрольные вопросы. Билет к экзамену состоит из 2 вопросов. Первый вопрос билета предусматривают развернутые ответы студента по разделу 1, второй – по разделу 2 или 3. Ответы на вопросы билета оцениваются из 40 баллов (максимальная оценка) следующим образом: первый вопрос – максимально по 25 баллов, второй вопрос – максимально 15 баллов. Общая оценка экзамена складывается путем суммирования оценок текущего контроля по модулю 1 и ответа на зачете. Максимальная оценка экзамена – 100 баллов.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (6 семестр – экзамен, 7 семестр – курсовой проект). Максимальное количество баллов за экзамен – 40 баллов, за курсовой проект – 100 баллов.

Итоговый контроль по разделу 1 проводится в форме экзамена. Билет для проведения экзамены содержит 2 вопроса, максимальная оценка за каждый вопрос – 20 баллов. Общая оценка экзамена складывается путем суммирования оценок за контрольные работы (максимум 45 баллов), реферат (максимум 15 баллов) и ответ на экзамене (максимум 40 баллов). Максимальная оценка по курсу – 100 баллов.

Пример билета к экзамену

<p>«Утверждаю» Зав. кафедрой ХТК И.Х. Аветисов</p> <hr/> <p>«__» _____ 20__</p>	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии кристаллов
	18.03.01 Химическая технология
	Профиль - Химическая технология материалов электроники
	Оборудование и основы проектирования предприятий по производству тонкопленочных гетероструктур
Билет № 1	
<p>1. Технология распыления материалов под действием нейтральных и заряженных частиц.</p> <p>2. Системы шлюзования и перемещения объектов между различными технологическими камерами вакуумных установок.</p>	

8.4. Требования и примеры заданий к курсовому проекту

Курсовой проект составляется на основе опыта, приобретенного студентом во время прохождения Производственной практики: практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности» (Б2.В.03 (П). Описания должны быть сжатыми, ясными и сопровождаться цифровыми данными, эскизами, схемами, графиками и чертежами. Курсовой проект должен включать в себя следующие разделы:

1. Титульный лист
2. Задание
3. Оглавление
4. Введение
5. Актуальность проектирования производства, указанного в задании
6. Обзор литературы
7. Технология производства
8. Технологический расчет
9. Экономический расчет
10. Охрана труда и техника безопасности
11. Заключение
12. Список используемой литературы

Общий объем курсового проекта должен составлять 40–50 страниц машинописного текста. Рекомендуется использовать шрифт Times New Roman 14 пунктов, интервал 1,5. Поля слева должны быть 25–30 мм под переплет, с других сторон 10–15 мм. Формы

титульного листа и листа с заданием приведены в Приложениях 1 и 2.

К курсовому проекту прилагаются чертеж общего вида основного оборудования, технологическая схема и калькуляция себестоимости на листах А1 или А2. Чертеж общего вида основного оборудования выполняется со стандартной рамкой, может быть выполнен в компьютерных программах AutoCAD, Компас и аналогичных. Технологическая схема и калькуляция себестоимости могут быть выполнены в произвольном формате.

Примеры

Производство эпитаксиальных структур CdHgTe для матричных фотоприемников ИК-диапазона

Требования к подложкам (основные физико-химические свойства, технические характеристики, допуски по качеству поверхностной обработки, структурным дефектам, параметрам решетки). Требования к исходным материалам для формирования фоточувствительных эпитаксиальных структур кадмий–ртуть–теллур. Основные физико-химические свойства – температуры плавления как функция состава, давления паров, полупроводниковые свойства. Требования к сырьевым материалам и материалам контейнеров. Физико-химические основы процессов выращивания эпитаксиальных структур в условиях бескислородной атмосферы. Основные виды дефектов, их причины и способы устранения. Требования к готовой продукции. Ассортимент изделий, размеры функциональных элементов.

Технологическое оборудование для проведения процессов жидкофазной эпитаксии. Вспомогательное оборудование: весы, ампулы, печи для очистки исходных веществ.

Производство жидкокристаллических дисплеев

Требования к подложкам (основные физико-химические свойства, технические характеристики, допуски по качеству поверхностной обработки). Требования к исходным материалам для формирования прозрачного проводящего слоя (твердого раствора оксида олова – оксида индия), органическим жидким кристаллам, материалам контактов (алюминий, никель). Требования к готовой продукции. Типичные дефекты при формировании пассивно-матричных и активно-матричных ЖК-дисплеев, их причины и способы устранения. Возможности утилизации брака. Области применения пассивно-матричных и активно-матричных ЖК-дисплеев.

Технологическое оборудование. Установки для плазменного нанесения прозрачных проводящих покрытий. Установки для проведения процесса фотолитографии. Установки для заполнения жидким кристаллом межплоскостного пространства. Системы герметизации готовых изделий. Вспомогательное оборудование: установка для автоматической разварки контактных выводов. Станки для разрезания подложек. Оборудование для контроля качества изделий.

Производство органических светоизлучающих диодных структур

Требования к подложкам (основные физико-химические свойства, технические характеристики, допуски по качеству поверхностной обработки). Требования к исходным материалам для формирования многослойных структур: материал дырочного транспортного слоя, материал инжекционного слоя, материал электронного транспортного слоя, материалы светоизлучающих слоев, материал блокирующего транспортного слоя, материал блокирующего электронного слоя, материал катода и материал анода. Особенности очистки и хранения органических материалов для ОСИД технологии. Требования к готовой продукции. Типичные дефекты при формировании ОСИД структур, их причины и способы устранения. Области применения ОСИД с активной и пассивной матрицей.

Технологическое оборудование. Боксы с контролем инертной газовой атмосферы для загрузки испарителей вакуумной системы. Автоматизированный комплекс для

резистивного вакуумного напыления органических слоев ОСИД структуры, герметизации готовых изделий. Вспомогательное оборудование: установка для очистки подложек, установки для разрезания готовой пластины на отдельные микродисплеи. Установки вакуумной пересублимации органических компонентов. Оборудование для контроля качества изделий.

Технологический расчет включает расчет материальных потоков, необходимых для выполнения задания.

4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

4.1. Расчет количества основного оборудования

4.2. Расчет количества шихты

4.3. Расчет потребления электроэнергии, воды и газа

5. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

5.1. Расчет численности персонала цеха

5.2. Калькуляция себестоимости

6. РАЗМЕЩЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ НА УЧАСТКЕ

Примерный перечень вопросов к защите курсового проекта

Производство эпитаксиальных структур CdHgTe для матричных фотоприемников ИК-диапазона

1. Основные типы эпитаксиальных структур.
2. Особенности различных способов технологической реализации процесса жидкофазной эпитаксии.
3. Требования к подложкам для жидкофазной эпитаксии полупроводниковых материалов.
4. Требования к сырью для процесса жидкофазной эпитаксии.
5. Типичные дефекты кристаллов при разных способах выращивания эпитаксиальных структур.
6. Основные узлы установки для выращивания полупроводниковых эпитаксиальных структур жидкофазным методом.
7. Требования к материалам оснастки.
8. Способы контроля атмосферы при проведении процесса жидкофазной эпитаксии.
9. Методы контроля качества полученных изделий.
10. Оборудование для контроля качества изделий.

Производство жидкокристаллических дисплеев

1. Основные типы жидких кристаллов, их характеристики и применение по назначению.
2. Типы жидкокристаллических дисплеев по способам управления яркостью изображения.
3. Возможные варианты топологии эффективных ЖК-дисплеев.
4. Варианты технологий цветных светофильтров.
5. Варианты изготовления транзисторной матрицы и их характеристики.
6. Варианты технологий формирования рисунка при изготовлении светофильтров.
7. Требования к подложкам для формирования транзисторной матрицы и светофильтров.
8. Способы формирования зазора между подложками под заливку жидкого кристалла.
9. Особенности технологии Chip-on-glass при производстве ЖК-дисплеев.
10. Оборудование для изготовления транзисторной матрицы.
11. Оборудование для формирования прозрачных проводящих слоев.
12. Особенности изготовления мишеней для ионных способов формирования

прозрачных проводящих слоев.

13. Основные виды брака при производстве ЖК-дисплеев.
14. Требования к герметизации изделия.
15. Сортировка изделий.
16. Возможности утилизации брака.
17. Вспомогательное оборудование.

Производство органических электролюминесцентных дисплеев

1. Основные классы органических материалов в технологии ОСИД.
2. Типы ОСИД дисплеев по способам управления яркостью изображения.
3. Варианты топологии полноцветных ОСИД дисплеев.
4. Требования к транзисторной матрице для ОСИД.
5. Требования по гигиене помещения для различных участков в технологии ОСИД.
6. Требования к подложкам для формирования ОСИД структуры.
7. Способы формирования цветового изображения в технологиях ОСИД дисплеев.
8. Особенности вакуумного оборудования при производстве ОСИД дисплеев.
9. Способы герметизации изделий ОСИД.
10. Требования и способы изготовления электродов в технологии ОСИД.
11. Особенности подготовки органических препаратов для формирования различных функциональных слоев в технологии ОСИД.
12. Основные виды брака при производстве ОСИД дисплеев.
13. Сортировка изделий.
14. Возможности утилизации брака.
15. Вспомогательное оборудование.

Отчетные материалы по курсовому проекту по дисциплине «Оборудование и основы проектирования предприятий по производству тонкопленочных гетероструктур» включают пояснительную записку, чертежи оборудования технологические схемы. Общая оценка складывается из оценки пояснительной записки (максимальная оценка 30 баллов) чертежей и технологических схем (максимальная оценка 20 баллов), доклада (максимальная оценка 10 баллов) и ответы на вопросы (максимальная оценка 40 баллов). Максимальная оценка за курсовой проект – 100 баллов.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Высокочистые вещества. Коллектив авторов. М., Научный мир, 2018, 996 с.
2. А.Ю. Зиновьев, А.Г. Чередниченко, И.Х. Аветисов Технология органических электролюминесцентных устройств. Технологические процессы. Учебное пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. 64с.
3. 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.
4. О.Б. Петрова, И.Х. Аветисов, И.В. Степанова. Методические указания по выполнению расчетов технологических процессов в производстве материалов электроники и микроэлектроники: учебно-методическое пособие (учебное пособие), РХТУ, 2015, Москва, ISBN 978-5-7237-1263-8, 60 с.

Б. Дополнительная литература

1. Таиров Ю.М., Цветков В.Ф. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов. М.; Высш.шк.,1990, 423 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 400с
5. Ковтуненко П.В. Физическая химия твердого тела. Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1993, 352 с.
6. 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
7. А.Ю.Зиновьев, И.Х.Аветисов, А.Г.Чередниченко Технология органических электролюминесцентных устройств. Гетероструктуры. Учебное пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. 63с

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Реферативный журнал «Химия» (РЖХ), серия 19С «Химия»
- Журнал Неорганические материалы. ISSN: 002-337X
- 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

- <http://www.portalnano.ru/> - Федеральный интернет-портал, посвященный нанотехнологиям и наноматериалам.
- <http://www.nsknano.ru/> - Сайт, посвященный наноматериалам в Новосибирске.
- www.14000.ru - Информационный портал о системах экологического менеджмента и энерго- и ресурсоэффективных технологиях.
- www.centerprioritet.ru - СМЦ «Приоритет», предлагающий техническую документацию исследований и заказ литературы, включая русскоязычные издания.
- <http://www.nanometer.ru/> - Нанотехнологическое сообщество "Нанометр".
- <http://plasma.karelia.ru/pub/nano-kurs/> - Курс по нанотехнологиям.
- <http://www.nanonewsnet.ru/> - Новостной портал о нанотехнологиях в России.
- <http://nano-portal.ru/> - Портал, посвященный нанотехнологиям в России.
- <http://www.scirp.org/journal/Index.aspx> - Платформа для научных исследований с открытым доступом.
- <http://www.superhimik.com/forum.htm> - Форум, посвященный химии.
- <http://www.intechopen.com/> - Платформа открытой науки In Tech.
- <http://bookfi.org/g/> - Электронная библиотека для поиска книг и журналов.
- http://www.twirpx.com/files/chidnustry/chemistry_tech/silicate/ - Ресурсы по технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.
- www.sciyo.com - Платформа для чтения, загрузки и обмена научными книгами.
- <http://www.rsl.ru> - Сайт Российской Государственной Библиотеки.
- <http://www.gpntb.ru> - Сайт Государственной публичной научно-технической библиотеки 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/> - Бесплатная научная химическая информация.

- <http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - Информационный портал ФИПС 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 – 32, (общее число слайдов – 528);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 80);
- 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 01.01.2023 составляет 1 727 628 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 *«Оборудование и основы проектирования предприятий по производству тонкопленочных гетероструктур»* проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы студента.

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. Методы формирования тонкопленочных гетероструктур.	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none">– Классификация методов получения пленок в технологиях гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники.– Классификация оборудования для получения пленок в технологиях гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники.– 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. <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none">– Формулировать требования к технологическому оборудованию для получения гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и	<p>Оценка за тест (6 семестр) Оценка за реферат (6 семестр)</p>

	<p>фотоники.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Осуществлять выбор методов и оборудования для производства гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники. – Составлять компоненты технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEMI). <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Информацией о современных и перспективных методах получения тонкопленочных гетероструктур для различных приборов электроники и фотоники. – Информацией по основным типам технологического оборудования при формировании тонкопленочных гетероструктур для различных приборов электроники и фотоники вакуумными методами. 	
<p>Раздел 2. Производство с использованием вакуумных технологий.</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Классификация методов получения пленок в технологиях гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники. – Классификация оборудования для получения пленок в технологиях гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники. – 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. <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Формулировать требования к технологическому оборудованию для получения гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники. – Осуществлять выбор методов и оборудования для производства 	<p>Оценка за реферат (6 семестр) Оценка за экзамен (6 семестр)</p>

	<p>гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Составлять компоненты технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEMI). <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Информацией о современных и перспективных методах получения тонкопленочных гетероструктур для различных приборов электроники и фотоники. – Информацией по основным типам технологического оборудования при формировании тонкопленочных гетероструктур для различных приборов электроники и фотоники вакуумными методами. 	
<p>Раздел 3. Особенности создания производств на основе нанотехнологий</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Классификация методов получения пленок в технологиях гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники. – Классификация оборудования для получения пленок в технологиях гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники. – 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. <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Формулировать требования к технологическому оборудованию для получения гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники. – Осуществлять выбор методов и оборудования для производства гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники. – Составлять компоненты 	<p>Оценка за реферат (6 семестр) Оценка за экзамен (бсеместр)</p>

	<p>технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEMI).</p> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Информацией о современных и перспективных методах получения тонкопленочных гетероструктур для различных приборов электроники и фотоники. – Информацией по основным типам технологического оборудования при формировании тонкопленочных гетероструктур для различных приборов электроники и фотоники вакуумными методами. 	
<p>Раздел 4. Курсовой проект</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – 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. <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Формулировать требования к технологическому оборудованию для получения гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники. – Осуществлять выбор методов и оборудования для производства гетерофазных пленочных структур для приборов электроники и фотоники. – Составлять компоненты технологической документации с учетом современных отечественных (ОСТ, ГОСТ) и зарубежных стандартов (SEMI). <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Информацией о современных и перспективных методах получения тонкопленочных гетероструктур для различных приборов электроники и фотоники. - Информацией по основным типам 	<p>Оценка за курсовой проект (7 семестр)</p>

	технологического оборудования при формировании тонкопленочных гетероструктур для различных приборов электроники и фотоники вакуумными методами.	
--	---	--

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
«Оборудование и основы проектирования предприятий по производству
тонкопленочных гетероструктур»
основной образовательной программы**

18.03.01 «Химическая технология»

Профиль – «Химическая технология материалов электроники»

«Основная образовательная программа высшего образования – программа бакалавриата»

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»



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

 Ф.А. Колоколов

« 01 » 09 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

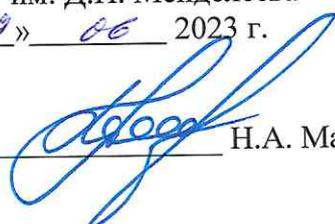
«Оборудование и основы проектирования предприятий по производству и
обработке ювелирных кристаллов»

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
(Код и наименование направления подготовки)

Профиль подготовки – «Химическая технология материалов электроники»
(Наименование профиля подготовки)

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
« 19 » 06 2023 г.

Председатель  Н.А. Макаров

Москва 2023

Программа составлена:

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

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

(Наименование кафедры)

«16» мая 2023 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, профиль «Химическая технология материалов электроники», рекомендациями Методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 2 семестров.

Программа относится к вариативной части учебного плана, к блоку элективных дисциплин (Б1.В.ДВ.05.03). Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общей химии, математики, физики, физической химии, кристаллографии, физической электроники.

Цель дисциплины – освоение студентами технологии производства ювелирных материалов и её аппаратного сопровождения, оборудования для работы с природными и искусственными ювелирными камнями - механической обработкой, модифицированием свойств (облагораживанием), ростом искусственных кристаллов.

Задачи дисциплины – формирование у студентов научного базиса 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.

Дисциплина *«Оборудование и основы проектирования предприятий по производству и обработке ювелирных кристаллов»* преподается в 6 и 7 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:**

Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.3 Владеет навыками поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; использования системного подхода для решения поставленных задач
Экономическая культура, в том числе финансовая грамотность	УК-10. Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности	УК-10.2 Умеет использовать экономические знания в различных сферах деятельности, анализировать и обобщать экономическую информацию для принятия обоснованных управленческих решений

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				
<p>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.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство;</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ</p>	<p>ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции</p>	<p>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.</p> <p>Профессиональный стандарт 26.017 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПОДГОТОВКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ PVD-ПОКРЫТИЙ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 августа 2017 г. N 644н, Обобщенная трудовая функция С. Организация производственного процесса нанесения наноструктурированного PVD-покрытия. С/05.6. Контроль соблюдения технологических процессов на участке PVD-покрытий (уровень квалификации – 6).</p> <p>Профессиональный стандарт 40.037</p>

				<p>«СПЕЦИАЛИСТ ПО РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРИБОРОВ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И ФОТониКИ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10 июля 2014 года N 446н, Обобщенная трудовая функция D. Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий. D/02.6 Разработка технических требований к модернизации технологических линий с целью реализации концепции производства и оптимизации технологических процессов с учетом требований систем менеджмента D/04.6 Разработка методик и техническое руководство экспериментальной проверкой технологических процессов и исследованием параметров наноструктурированных материалов (уровень квалификации – б).</p>
--	--	--	--	---

<p>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.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство;</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-4. Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники</p>	<p>ПК-4.1. Знает технологическое оборудование для производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники и правила его эксплуатации</p> <p>ПК-4.2. Умеет подбирать технологические параметры процесса производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники</p>	<p>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.</p> <p>Профессиональный стандарт 26.017 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПОДГОТОВКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ PVD-ПОКРЫТИЙ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 августа 2017 г. N 644н, Обобщенная трудовая функция С. Организация производственного процесса нанесения наноструктурированного PVD-покрытия. С/05.6. Контроль соблюдения технологических процессов на участке PVD-покрытий (уровень квалификации – 6).</p> <p>Профессиональный стандарт 29.002 «СПЕЦИАЛИСТ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ПРИБОРОВ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И ФОТОНИКИ», утвержденный приказом Министерства труда и</p>
---	--	---	--	--

				<p>социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. N 598н, Обобщенная трудовая функция D. Техническая подготовка технологической базы производства приборов квантовой электроники и фотоники. D/04.6 Приведение функциональных возможностей оборудования в соответствие специфическим требованиям процессов нанотехнологии (уровень квалификации – 6).</p> <p>Профессиональный стандарт 40.011 «СПЕЦИАЛИСТ ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИМ РАЗРАБОТКАМ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04 марта 2014 года N 121н, Обобщенная трудовая функция A. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. A/02.5 Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок (уровень квалификации – 5).</p>
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

-Основные технологические схемы и основы проектирования производства при работе с природными и искусственными ювелирными материалами.

-Методы механической обработки, модифицирования, получения искусственных кристаллов и материалов ювелирной промышленности.

-Принципы проектирования и деятельности предприятий по производству ювелирных камней и материалов.

Уметь:

-Использовать оборудование для обработки ювелирных камней и материалов.

- Модифицировать свойства ювелирных материалов.

- Выбирать оптимальные технологии при обработке монокристаллов.

Владеть:

- Навыком обработки природных и искусственных монокристаллов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс изучается в 6 и 7 семестрах бакалавриата на базе знаний, полученных студентами на первом-третьем курсе. Контроль освоения студентами материала курса осуществляется путем проведения экзамена и защиты курсового проекта.

Виды учебной работы	ВСЕГО		6 семестр		7 семестр	
	В зачетных единицах	В академ. часах	В зачетных единицах	В академ. часах	В зачетных единицах	В академ. часах
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	6	216	4	144	2	72
Аудиторные занятия:	2,1	52	2	48	-	-
Лекции (Лек)	1	32	1	32	-	-
Практические занятия (ПЗ)	0,6	20	0,5	16	0,5	16
Самостоятельная работа (СР):	2,9	128	1,5	60	1,5	56
Контактная самостоятельная работа	1	0,6	1,5			0,4
Самостоятельное изучение разделов дисциплины						
Курсовой проект	1,9	36	-	-	1,5	55,6
Вид контроля:						
Зачет с оценкой						+
Экзамен	1	36	1	36		
Контактная работа – промежуточная аттестация				0,4		
Подготовка к экзамену.				35,6		
Вид итогового контроля:			Экзамен		Зачет с оценкой	

Виды учебной работы	ВСЕГО		6 семестр		7 семестр	
	В зачетных единицах	В астроном. часах	В зачетных единицах	В астроном. часах	В зачетных единицах	В астроном. часах
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	6	162	4	108	2	54
Аудиторные занятия:	2,1	52	2	36	-	-
Лекции (Лек)	1	24	1	24	-	-
Практические занятия (ПЗ)	0,6	15	0,5	12	0,5	12
Самостоятельная работа (СР):	2,9	96	1,5	45	1,5	42
Контактная самостоятельная работа	1	0,45	1,5			0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины						
Курсовой проект	1,9	27	-	-	1	41,7
Вид контроля:						
Зачет с оценкой						+
Экзамен	1	27	1	27		
Контактная работа – промежуточная аттестация				0,3		
Подготовка к экзамену				26,7		
Вид итогового контроля:			Экзамен		Зачет с оценкой	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Разделы дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лек-ции	Прак. Зан.	Сам. работа
1	Технология обработки	68	12	8	40
2	Технология облагораживания.	68	12	6	40
3	Технология драгоценных монокристаллов	44	8	6	48
	ИТОГО	180	32	20	128
	Экзамен	36			
	Курсовой проект				
	ИТОГО	216	32	20	128

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Технология обработки

1. Введение. Определение природных ювелирных камней и материалов. Современная техническая классификация и пр. Цели и задачи. Основные понятия.
2. Проектирование производства по обработке ювелирных камней. Технологические схемы производства и их аппаратное воплощение. Пооперационный хронометраж.
3. Распиловочные и подрезные станки и пилы. Принцип действия и основные технические характеристики.
4. Шлифовальные станки - принцип действия и основные технические данные. Грубая обдирка, шлифование и полирование. Физический смысл процессов, материалы и оснастка.
5. Процесс изготовления кабошонов. Разметка, распиловка, наклейка, обдирка, шлифование и полирование. Формы кабошонов. Особенности изготовления кабошонов из разных материалов.
6. 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.
7. Галтовка. Изготовление шаров. Сверление. Мозаика. Резьба по камню, раковине, кости. Технология, материалы и оборудование. Новые перспективные методы обработки.
8. Контроль качества обработки, основные методы и особенности. Оборудование для контроля качества.
9. Особенности организации предприятий по обработке и производству ювелирных камней и материалов. Техника безопасности и утилизация отходов производства

Раздел 2. Технология облагораживания.

1. Введение. Определение качественных характеристик природных кристаллов. Понятие о сортности и критерии выделения сортов материалов. Классификация методов модифицирования качественных характеристик ювелирных монокристаллов. Физические, химические и физико-химические методы модифицирования свойств природных монокристаллов. Условия проведения процессов, определяющие факторы методов и их аппаратура. 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.
2. Особенности организации и техника безопасности предприятий и лабораторий по облагораживанию и модифицированию свойств природных и искусственных ювелирных камней и материалов.
3. Проектирование производства по облагораживанию ювелирных камней и материалов. Особенности разработки технологических схем производства и расчетных схем модифицирования различного ювелирного сырья.

Раздел 3. Технология драгоценных монокристаллов

1. Введение. Цели и задачи получения ювелирных материалов. Физико-химические основы процессов синтеза шихты и роста монокристаллов. Расплавные методы роста ювелирных монокристаллов. Раствор-расплавные методы роста и используемая аппаратура. Гидротермальные методы роста. Условия, особенности, физхимия процессов, аппаратура и оснастка. Химические методы синтеза ювелирных материалов (на примере опала, малахита и бирюзы).
2. Проектирование предприятий по росту и производству ювелирных камней и материалов. Кибернетические основы оптимизации технологического процесса.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:				
1	- Основные технологические схемы и основы проектирования производства при работе с природными и искусственными ювелирными материалами.		+	+	+
2	- Методы механической обработки, модифицирования, получения искусственных кристаллов и материалов ювелирной промышленности.		+	+	+
3	- Принципы проектирования и деятельности предприятий по производству ювелирных камней и материалов.		+	+	+
	Уметь:				
4	- Использовать оборудование для обработки ювелирных камней и материалов.		+	+	+
5	- Модифицировать свойства ювелирных материалов.		+	+	+
6	- Выбирать оптимальные технологии при обработке монокристаллов.		+	+	+
	Владеть:				
7	- Навыком обработки природных и искусственных монокристаллов.		+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК			
8	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.3 Владеет навыками поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; использования системного подхода для решения поставленных задач	+	+	+
	УК-10 Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности	УК-10.2 Умеет использовать экономические знания в различных сферах деятельности, анализировать и обобщать экономическую информацию для принятия обоснованных управленческих решений	+	+	+
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			

	ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции	+	+	+
	ПК-4. Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники	ПК-4.1. Знает технологическое оборудование для производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники и правила его эксплуатации	+	+	+
		ПК-4.2. Умеет подбирать технологические параметры процесса производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 18.03.01 Химическая технология, профиль «Химическая технология материалов электроники» предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине «Оборудование и основы проектирования предприятий по производству и обработке ювелирных кристаллов» в объеме 16 часов (0,5 зач. ед.) в 6 семестре и 4 часа в 7 семестре. Практические занятия проводятся под руководством преподавателей и направлены на углубление теоретических знаний, полученных студентом на лекционных занятиях, расширение знаний в области теории кристаллизации.

Примерный перечень практических занятий

№ пп	Раздел	Темы практических занятий	часы
1	1	Разметка и подготовка ювелирного сырья к обработке. Компьютерное моделирование раскроя, оптики и формы камня.	5
2	1	Изготовление кабошонов.	5
3	1	Огранение ювелирных камней и материалов.	5
4	1	Облагораживание ювелирных монокристаллов методами термообработки на примере дымчатого кварца.	5

6.2. Лабораторные занятия

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 18.03.01 Химическая технология, профиль «Химическая технология материалов электроники» не предусмотрено проведение лабораторных работ по дисциплине «Оборудование и основы проектирования предприятий по производству и обработке ювелирных кристаллов».

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины «Оборудование и основы проектирования предприятий по производству и обработке ювелирных кристаллов» предусмотрена самостоятельная работа студента в объеме 76 акад. час., в том числе самостоятельное изучение разделов дисциплины в объеме 40 акад. час. (в 6 семестре), выполнение курсового проекта в объеме 36 акад. час. (в 7 семестре).

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

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- выполнение курсового проекта;
- посещение отраслевых выставок – «Симфония самоцветов», «Самоцветный развал», «Недра», музеев соответствующего профиля – «Самоцветы», семинаров по геммологии и технологической геммологии, конференций различного уровня «Неделя горняка», «Новое в науках о земле» и т.д.;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике курса;
- подготовку к сдаче экзамена.

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 6 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 экзамена (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика курсовых проектов.

Курсовой проект выполняется в 7 семестре. Оценивается как зачет с оценкой из 100 баллов, при этом оцениваются: пояснительная записка к проекту, чертежи и схемы (технологическая схема, чертежи основного оборудования и/или узла, план цеха/участка, калькуляция себестоимости), доклад и ответы на вопросы.

Курсовой проект составляется на основе опыта, приобретенного студентом во время прохождения Производственной практики: практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности» (Б2.В.03 (П). Описания должны быть сжатыми, ясными и сопровождаться цифровыми данными, эскизами, схемами, графиками и чертежами. Курсовой проект должен включать в себя следующие разделы:

1. Титульный лист
2. Задание
3. Оглавление
4. Введение
5. Актуальность проектирования производства, указанного в задании
6. Обзор литературы
7. Технология производства
8. Технологический расчет
9. Экономический расчет
10. Охрана труда и техника безопасности
11. Заключение
12. Список используемой литературы

Общий объем курсового проекта должен составлять 40–50 страниц машинописного текста. Рекомендуется использовать шрифт Times New Roman 14 пунктов, интервал 1,5. Поля слева должны быть 25–30 мм под переплет, с других сторон 10–15 мм. Формы титульного листа и листа с заданием приведены в Приложениях 1 и 2.

К курсовому проекту прилагаются чертеж общего вида основного оборудования, технологическая схема и калькуляция себестоимости на листах А1 или А2. Чертеж общего вида основного оборудования выполняется со стандартной рамкой, может быть выполнен в компьютерных программах AutoCAD, Компас и аналогичных. Технологическая схема и калькуляция себестоимости могут быть выполнены в произвольном формате.

1. Проектирование цеха по полировке пластин монокристаллического корунда (кремния) с заданными параметрами (производительность, размерные и качественные параметры задаются персонально)
2. Проектирование цеха по огранке ювелирных камней (группа ювелирных камней и производительность задаются персонально).
3. Проектирование производства по обработке ювелирных камней и материалов (производительность задается персонально).
4. Проектирование лаборатории по термообработке ювелирных камней группы корунда (производительность задается персонально).
5. Проектирование цеха по производству искусственного малахита (производительность задается персонально).

8.2 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Каждый раздел заканчивается контрольной работой. Всего планируется провести три контрольные работы. Вопросы к контрольным работам будут использованы из соответствующих разделов.

Примеры контрольных вопросов

Раздел 1. Технология обработки

1. Определение природных ювелирных камней и материалов. Современная техническая классификация.
2. Процесс изготовления кабошонов. Оборудование для кабошенирования. Формы кабошонов. Особенности изготовления кабошонов из разных материалов.
3. Оборудование для огранения. Типы ограночных приспособлений. Процесс огранения.
4. Форма ограненных камней. Расчет и оптимизация оптики и геометрии ограненных камней. Компьютерные программы для расчета оптики ограненного камня.
5. Понятие о фантазийных формах огранки. Специфика оборудования для производства фантазийной огранки.
6. Технология изготовления кр-17 и кр-57.
7. Технология галтования. Оборудование и режимы галтования.
8. Сверление. Оборудование для механического и ультразвукового сверления. Режимы и особенности сверления моно- и поликристаллических материалов.
9. Технология изготовления мозаичных работ.
10. Резьба по камню, раковине, кости. Технология, материалы и оборудование.
11. Новые перспективные методы обработки.
12. Контроль качества обработки, основные методы и особенности. Оборудование для контроля качества.
13. Особенности организации предприятий по обработке и производству ювелирных камней и материалов.
14. Техника безопасности и утилизация отходов камнеобрабатывающих производств.

Раздел 2. Технология облагораживания.

15. Определение качественных характеристик природных кристаллов. Понятие о сортности и критерии выделения сортов материалов.
16. Классификация методов модифицирования качественных характеристик ювелирных монокристаллов.
17. Методы радиационного воздействия. Нейтронное облучение.

Экспериментальные реакторы.

18. Методы радиационного воздействия. Электронное облучение. Оборудование для электронного облучения.

19. Методы радиационного воздействия. Гамма-облучение и источники излучения.

20. Термообработка и механизм изменения цвета ювелирных камней.

21. Ионная имплантация, «ионное перемешивание», термодиффузия.

22. Модифицирование драгоценных камней (алмаз, сапфир, изумруд и др.).

23. Химическое крашение и применение органических красителей.

24. Экономическая целесообразность модифицирования, выбор методов облагораживания на различных примерах.

Раздел 3. Технология драгоценных монокристаллов

25. Цели и задачи получения ювелирных материалов. Физико-химические основы процессов синтеза шихты и роста монокристаллов.

26. Расплавные методы роста ювелирных монокристаллов.

27. Газопламенный метод роста ювелирных монокристаллов и оборудование для него.

28. Методы зонной плавки на примере метода Багдасарова.

29. Метод Киропулуса и оборудование для него.

30. Раствор-расплавные методы роста и используемая аппаратура.

31. Гидротермальные методы роста на примере получения монокристаллического кварца и его ювелирных разновидностей.

32. Химические методы синтеза ювелирных материалов.

33. Получение ювелирного благородного опала, оборудование для его производства.

34. Оборудование для получения искусственной бирюзы.

Итоговый контроль – экзамен

Итоговый контроль проводится в форме устного опроса. Билет для проведения экзамена содержит 2 вопроса, максимальная оценка за каждый вопрос – 20 баллов. Общая оценка складывается путем суммирования оценок за три контрольные работы по 20 баллов (максимум 60 баллов) и ответ на экзамене (максимум 40 баллов). Максимальная оценка зачета – 100 баллов.

Пример билета к экзамену.

<i>«Утверждаю» Зав. кафедрой ХТК И.Х. Аветисов</i>	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии кристаллов
	18.03.01 Химическая технология
	Профиль - Химическая технология материалов электроники
<i>«__» _____ 20__</i>	Оборудование и основы проектирования предприятий по производству и обработке ювелирных кристаллов
Билет № 1	
1. Технология изготовления КР-57	
2. Газопламенный метод роста ювелирных монокристаллов и оборудование для него.	

9 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Гулоян Ю.А. Технология стекла и стеклоизделий. Владимир: Транзит-ИКС, 2015. 712 с.
2. Ахметшин Э.А., Чередниченко А.Г.. Технология облагораживания ювелирных камней и материалов. Химическое крашение :Учебное пособие.- М.:РХТУ им.Д.И.Менделеева, 2017.-60с.
3. Ахметшин Э.А., Чередниченко А.Г.. Технология облагораживания ювелирных камней и материалов. Применение пигментов и химическое травление Учебное пособие.- М.:РХТУ им.Д.И.Менделеева, 2017.-60с.
4. О.Б. Петрова, И.Х. Аветисов, И.В. Степанова. Методические указания по выполнению расчетов технологических процессов в производстве материалов электроники и нанoeлектроники: учебно-методическое пособие (учебное пособие), РХТУ, 2015, Москва, ISBN 978-5-7237-1263-8, 60 с.

Б) Дополнительная литература

1. 3. А. А. Майер. Процессы роста кристаллов. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 1999
2. В.С. Балицкий, Е.Е. Лисицина. Синтетические аналоги и имитации природных драгоценных камней. Москва, «Недра», 1981, 158 стр.

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

- «Кристаллография»
- American Mineralogist
- Gems & Gemology (Gemological Institute of America)
- Современные наукоемкие технологии
- Петрология
- Минералогия
- Mineral Resources Engineering
- Journal of Crystal Growth
- Crystal Research and Technology
- Cryst. Eng. Comm
- «Неорганические материалы»
- «Журнал неорганической химии»
- Journal of Non-Crystalline Solids.
- Аэрокосмический научный журнал
- ОПТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
- Машиностроение
- Фундаментальные исследования
- Успехи современного естествознания
- Ресурсы ELSEVIER: www.sciencedirect.com.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет

- <http://lib.muotr.ru/> - Электронная библиотечная система ИБЦ РХТУ им. Д.И.Менделеева.
- <http://e.lanbook.com/> - Электронная библиотечная система «Лань».
- <http://reforma.kodeks.ru/reforma/> - Информационно-справочная система «ТЕХЭКСПЕРТ»: «Нормы, правила, стандарты России».
- www.centerprioritet.ru - СМЦ «Приоритет»: техническая документация исследований

- (ИКСИ), заказ литературы, русскоязычные издания.
- <http://diss.rsl.ru/> - Электронная библиотека диссертаций (ЭБД).
 - <http://www.viniti.ru/> - База данных ВИНТИ РАН.
 - <http://www.consultant.ru/> - Справочно-правовая система «Консультант+».
 - <http://www.garant.ru/> - Справочно-правовая система «Гарант».
 - <http://onlinelibrary.wiley.com/> - Издательство Wiley.
 - <http://www.questel.orbit.com> - QUESTEL ORBIT.
 - <http://www.proquest.com/products-services/pqdtglobal.html> - ProQuest Dissertation and Theses Global.
 - <http://www.acs.org/content/acs/en.html> - American Chemical Society.
 - <http://scitation.aip.org/> - American Institute of Physics (AIP).
 - <https://www.reaxys.com/> - Базы данных Reaxys и Reaxys Medicinal Chemistry от 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).
 - <http://link.springer.com/> - Электронные ресурсы издательства SpringerNature.
 - <https://scifinder.cas.org> - База данных SciFinder от компании Chemical Abstracts Service.
 - <https://www.sciencedirect.com> - Издательство Elsevier на платформе ScienceDirect.
 - <https://biblio-online.ru/> - Электронная библиотечная система «ЮРАЙТ».
 - <http://www.scirp.org/journal/Index.aspx> - Scientific research. Open Access.
 - <http://www.intechopen.com/> - In Tech. Open Science.
 - <http://bookfi.org/g/> - BookFinder: 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> - Информация о патентах на сайте ФИПС.
 - <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека.

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);
- 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 01.01.2023 составляет 1 727 628 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 «Оборудование и основы проектирования предприятий по производству и обработке ювелирных кристаллов» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы студента.

13.1. 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 распиловочными, подрезными и шлифовальными станками и печами.

13.2. 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.

13.3. 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.

13.4. 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.

13. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Технология обработки.	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none">– -Основные технологические схемы и основы проектирования производства при работе с природными и искусственными ювелирными материалами.– -Методы механической обработки, модифицирования, получения искусственных кристаллов и материалов ювелирной промышленности.– -Принципы проектирования и деятельности предприятий по производству ювелирных камней и материалов. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none">-Использовать оборудование для обработки ювелирных камней и материалов.- Модифицировать свойства ювелирных материалов.- Выбирать оптимальные технологии при обработке монокристаллов. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none">– Навыком обработки природных и искусственных монокристаллов.	<p>Оценка за контрольную работу №1</p> <p>Оценка на экзамене</p> <p>Оценка за курсовой проект</p>
Раздел 2 Технология облагораживания.	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none">– -Основные технологические схемы и основы проектирования производства при работе с природными и искусственными ювелирными материалами.– -Методы механической обработки, модифицирования,	<p>Оценка за контрольную работу №2</p> <p>Оценка на экзамене</p>

	<p>получения искусственных кристаллов и материалов ювелирной промышленности.</p> <ul style="list-style-type: none"> – -Принципы проектирования и деятельности предприятий по производству ювелирных камней и материалов. – Умеет: -Использовать оборудование для обработки ювелирных камней и материалов. - Модифицировать свойства ювелирных материалов. - Выбирать оптимальные технологии при обработке монокристаллов. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Навыком обработки природных и искусственных монокристаллов. 	<p>Оценка за курсовой проект</p>
<p>Раздел 3. Технология искусственных ювелирных монокристаллов.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – -Основные технологические схемы и основы проектирования производства при работе с природными и искусственными ювелирными материалами. – -Методы механической обработки, модифицирования, получения искусственных кристаллов и материалов ювелирной промышленности. – -Принципы проектирования и деятельности предприятий по производству ювелирных камней и материалов. – Умеет: -Использовать оборудование для обработки ювелирных камней и материалов. - Модифицировать свойства ювелирных материалов. - Выбирать оптимальные технологии при обработке монокристаллов. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Навыком обработки природных и искусственных монокристаллов. 	<p>Оценка за контрольную работу №3</p> <p>Оценка на экзамене</p> <p>Оценка за курсовой проект</p>

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
«Оборудование и основы проектирования предприятий по производству и обработке ювелирных кристаллов»

18.03.01 «Химическая технология»

Профиль – «Химическая технология материалов электроники»

«Основная образовательная программа высшего образования – программа бакалавриата»

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»



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

Ф.А. Колоколов

« 01 » 09 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Процессы в газах и в вакууме»

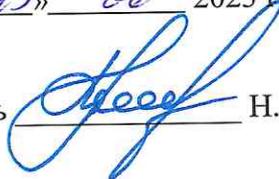
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
(Код и наименование направления подготовки)

Профиль подготовки – «Химическая технология материалов электроники»
(Наименование профиля подготовки)

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева

« 19 » 06 2023 г.

Председатель  Н.А. Макаров

Москва 2023

Программа составлена:

Заведующим кафедрой химии и технологии кристаллов, д.х.н., профессором
И.Х. Аветисовым

Доцентом кафедры химии и технологии кристаллов, к.х.н. Р.И. Аветисовым

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

(Наименование кафедры)

«16» мая 2023 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 Химическая технология, профиль «Химическая технология материалов электроники»** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **химии и технологии кристаллов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина **«Процессы в газах и в вакууме»** относится к части учебного плана, к блоку обязательных дисциплин и рассчитана на изучение дисциплины в 6 семестре обучения. Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общей химии, математики, физики, физической химии, процессов и аппаратов.

Цель дисциплины — обеспечить студентам комплексные знания о методах получения, измерения и сохранения вакуума, физико-химической природе процессов, протекающих в вакууме, а также о методах расчета и проектирования вакуумных установок, включая подбор соответствующего оборудования для выполнения различных технологических задач.

Задачами дисциплины состоят в:

- изучение свойств и особенностей поведения газов при низких давлениях;
- изучение методов получения, измерения и сохранения низких давлений и соответствующего оборудования;
- приобретение практических навыков работы с вакуумными установками, измерения давлений с помощью манометров различных типов, навыков проведения вакуумных измерений;
- изучение методов расчета элементов вакуумных установок.

Дисциплина **«Процессы в газах и в вакууме»** преподается в 6 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 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
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Знает методики поиска, сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа
		УК-1.3 Владеет навыками поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации;

		использования системного подхода для решения поставленных задач
--	--	--

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				
<p>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.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство;</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ</p>	<p>ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты.</p>	<p>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.</p> <p>Профессиональный стандарт 26.017 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПОДГОТОВКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ PVD-ПОКРЫТИЙ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 августа 2017 г. N 644н, Обобщенная трудовая функция С. Организация производственного процесса нанесения наноструктурированного PVD-покрытия. С/05.6. Контроль соблюдения технологических процессов на участке PVD-покрытий (уровень квалификации – б).</p>

				<p>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 июля 2014 года N 446н,</p> <p>Обобщенная трудовая функция</p> <p>D. Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий.</p> <p>D/02.6 Разработка технических требований к модернизации технологических линий с целью реализации концепции производства и оптимизации технологических процессов с учетом требований систем менеджмента</p> <p>D/04.6 Разработка методик и техническое руководство экспериментальной проверкой технологических процессов и исследованием параметров наноструктурированных материалов (уровень квалификации – б).</p>
--	--	--	--	--

<p>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.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство;</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-4. Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства материалов и приборов электронной техники и наноэлектроники</p>	<p>ПК-4.1. Знает технологическое оборудование для производства материалов и приборов электронной техники и наноэлектроники и правила его эксплуатации</p> <p>ПК-4.2. Умеет подбирать технологические параметры процесса производства материалов и приборов электронной техники и наноэлектроники</p> <p>ПК-4.3. Владеет основами проектирования технологической линии производства материалов и приборов электронной техники и наноэлектроники</p>	<p>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.</p> <p>Профессиональный стандарт 26.017 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПОДГОТОВКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ PVD-ПОКРЫТИЙ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 августа 2017 г. N 644н, Обобщенная трудовая функция С. Организация производственного процесса нанесения наноструктурированного PVD-покрытия. С/05.6. Контроль соблюдения технологических процессов на участке PVD-покрытий (уровень квалификации – 6).</p> <p>Профессиональный стандарт 29.002 «СПЕЦИАЛИСТ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ПРИБОРОВ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И ФОТОНИКИ», утвержденный приказом Министерства труда и</p>
---	--	---	--	--

				<p>социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. N 598н, Обобщенная трудовая функция D. Техническая подготовка технологической базы производства приборов квантовой электроники и фотоники. D/04.6 Приведение функциональных возможностей оборудования в соответствие специфическим требованиям процессов нанотехнологии (уровень квалификации – 6).</p> <p>Профессиональный стандарт 40.011 «СПЕЦИАЛИСТ ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИМ РАЗРАБОТКАМ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04 марта 2014 года N 121н, Обобщенная трудовая функция A. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. A/02.5 Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок (уровень квалификации – 5).</p>
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- теорию и основные понятия физики вакуума;
- методы получения вакуума и основные типы вакуумных насосов;
- методы измерения низких давлений.

Уметь:

- обоснованно выбирать методы получения вакуума, соответствующие задачам эксперимента;

Владеть:

- методами расчета и конструирования вакуумных систем;
- практическими навыками расчета парциальных давлений.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Дисциплина изучается в 6 семестре бакалавриата на базе знаний, полученных студентами на первых курсах. Контроль освоения студентами материала курса осуществляется путем проведения зачета с оценкой.

Виды учебной работы	В зачетных единицах	В академ. часах
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	4	144
Аудиторные занятия:	2	64
Лекции (Лек)	1	32
Практические занятия (ПЗ)	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	1	32
Самостоятельная работа (СР):	2	80
Контактная самостоятельная работа		0,2
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		79,8
Вид итогового контроля:	зачет с оценкой	

Виды учебной работы	Всего	
	Зач. ед.	Астр. час.
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	4	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	2	48
Лекции (Лек)	1	24
лабораторные занятия (ЛЗ)	1	24
Самостоятельная работа (СР):	2	60
Контактная самостоятельная работа	-	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	2	59,85
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лекции	Прак. зан.	Лаб. работы	Сам. работа
1	Молекулярно-кинетическая теория разреженных газов	72	16		16	40
2	Методы получения и измерения вакуума	72	16		16	40
	ИТОГО	144	32	-	32	80

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Молекулярно-кинетическая теория разреженных газов.

Введение. Понятие о вакууме, вакуумной технике, вакуумных системах и установках. Роль вакуумных процессов в производстве электронных приборов и выращивании монокристаллов. Вакуум как рабочая среда электровакуумных приборов. Роль вакуума в осуществлении термоядерных реакций, имитации условий космического пространства, в металлургической промышленности.

Основные понятия физики вакуума. Длина свободного пробега молекул, число столкновений молекул между собой, число столкновений молекул со стенкой. Число Кнудсена.

Явления переноса в разреженных газах. Зависимость коэффициентов вязкости, теплопроводности и диффузии в разреженных газах от давления и температуры.

Пропускная способность трубопроводов и отверстий. Молекулярный, молекулярно-вязкостный и вязкостный режимы течения газов. Поток газа. Расчет пропускной способности трубопроводов в различных режимах течения. Расчет пропускной способности отверстий. Поток газа при натекании в вакуумные системы. Термомолекулярный эффект.

Молекулярные процессы на поверхности твердых тел. Процессы, происходящие при столкновении атомов и молекул с поверхностью твердых тел. Аккомодация и конденсация. Коэффициент аккомодации. Скорость испарения и конденсации твердых тел.

Газопоглотители. Виды газопоглотителей, назначение распыляемых и нераспыляемых газопоглотителей, области применения.

Адсорбция газов при низких давлениях. Особенности адсорбции газов при низких давлениях. Влияние гетерогенности поверхности на адсорбцию газов. Уравнение Дубинина-Радушкевича. Кинетика адсорбции при низких давлениях.

Взаимодействие ионов и электронов с поверхностью твердых тел. Процессы, происходящие при взаимодействии ионов с поверхностью твердых тел.

Рассеяние и поглощение ионов твердыми телами. Использование ионных пучков в технологии электронных приборов.

Поглощение ионов твердыми телами. Движение ускоренных ионов в веществе.

Ядерная и электронная тормозная способность. Величина пробега ионов в твердых телах. Распределение внедренных ионов по глубине. Модификация свойств твердых тел ионной бомбардировкой. Ионное легирование. Ионное распыление материалов. Пороговая энергия распыления. Коэффициент распыления. Ионное травление поверхности твердых тел.

Процессы, происходящие при взаимодействии электронов с твердыми телами. Упругое и неупругое рассеяние электронов. Движение поглощенных электронов в твердых телах. Глубина проникновения электронов в твердое тело. Тепловые эффекты при взаимодействии электронов с твердыми телами. Распределение плотности поглощенной энергии. Электронно-лучевое плавление и испарение.

Раздел 2. Методы получения и измерения вакуума.

Процесс откачки, основные характеристики процесса: предельно достижимое давление, быстрота действия насоса, быстрота откачки системы. Основное уравнение вакуумной техники.

Классификация насосов для получения вакуума. Принцип действия, характеристики, конструкции и области применения насосов различных типов: механических, молекулярных, пароструйных, сорбционных, криогенных и ионно-сорбционных.

Химическое поглощение газов. Распыляемые и нераспыляемые газопоглотители:

состав, конструкции, основные характеристики, области применения.

Классификация методов измерения общего давления. Механические, жидкостные, тепловые, электронные и магнитные манометры. Принцип действия, характеристики, конструкции, область применения.

Градуировка манометров для измерения низких давлений. Статические методы градуировки манометров- метод объемного расширения, метод медленного возрастания давления. Динамические методы градуировки, стандартный метод градуировки манометров

Измерение парциальных давлений. Конструкции и принципы работы приборов для анализа газовых смесей при низких давлениях: статический масс-спектрометр с магнитным полем, резонансный радиочастотный масс-спектрометр, времяпролетный масс-спектрометр, фильтр масс.

Основные принципы расчета и конструирования вакуумных систем. Принципы и методы расчета вакуумных систем. Типовые вакуумные системы. Выбор коэффициентов использования насосов. Расчет газовых потоков и проводимости элементов вакуумных систем. Выбор вакуумных насосов. Расчет форвакуумного баллона.

Промышленные вакуумные агрегаты.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2
	Знать:			
1	-	теорию и основные понятия физики вакуума;	+	
2	-	методы получения вакуума и основные типы вакуумных насосов;		+
3	-	методы измерения низких давлений.		+
	Уметь:			
4	-	обоснованно выбирать методы получения вакуума, соответствующие задачам эксперимента;	+	+
	Владеть:			
5	-	методами расчета и конструирования вакуумных систем;	+	+
6	-	практическими навыками расчета парциальных давлений.		+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</i>				
	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК		
7	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Знает методики поиска, сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа	+	+
		УК-1.3 Владеет навыками поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; использования системного подхода для решения поставленных задач	+	+
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК		
8	ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты.	+	+
9	ПК-4. Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники	ПК-4.1. Знает технологическое оборудование для производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники и правила его эксплуатации	+	+
		ПК-4.2. Умеет подбирать технологические параметры процесса производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники	+	+

		ПК-4.3. Владеет основами проектирования технологической линии производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники	+	+
--	--	--	---	---

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Практические занятия по дисциплине не предусмотрены

6.2. Лабораторные занятия

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 18.03.01 Химическая технология, профиль «Химическая технология материалов электроники» предусмотрено проведение лабораторных занятий по дисциплине «*Процессы в газах и в вакууме*» в объеме 32 часа (1 зач. ед.). Лабораторные и занятия проводятся под руководством преподавателей и направлены на углубление теоретических знаний, полученных студентом на лекционных занятиях, расширение знаний в области получения и измерения давлений и овладение практическими навыками работы на вакуумных установках. Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине, а также дает знания о методиках определения характеристик электронных и оптических приборов.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 48 баллов в 6 семестре (максимально по 8 баллов за каждую работу). Количество баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости. Максимальная оценка за расчетную работу 12 баллов.

Примерный перечень лабораторных занятий

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	1.	Изучение устройства и характеристик тепловых и ионизационных манометров	6
2		Измерение адсорбции воздуха синтетическими цеолитами	6
3		Определение давления диссоциации карбонатов щелочноземельных металлов	4
4	2.	Изучение устройства и характеристик вакуумного откачного поста	6
5		Градуировка ионизационного манометра	4
6		Определение характеристик пароструйного насоса	6

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «*Процессы в газах и в вакууме*» предусмотрена самостоятельная расчетная работа студента в объеме 80 акад. час., в том числе самостоятельное изучение разделов дисциплины и выполнение домашних заданий в объеме 70 акад. час., выполнение расчетной работы по курсу в объеме 10 акад. час.

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

- регулярную проработку пройденного на лекциях учебного материала;
- выполнение расчетной работы по тематике курса;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике курса;
- подготовку к сдаче зачета с оценкой 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 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

8.1. Примерная тематика расчетной работы

Определение режима течения газа в трубопроводе заданных размеров, расчет проводимости трубопровода в вязкостном и молекулярном режиме течения, определение быстроты откачки системы. Максимальная оценка 12 баллов.

8.2. Примеры контрольных вопросов для оценки освоения дисциплины

Примеры контрольных вопросов для зачета с оценкой

1. Длина свободного пробега молекул, число столкновений молекул со стенкой. Число Кнудсена. Низкий, средний и высокий вакуум.
2. Вязкость газов. Уравнение Ньютона для вязкости. Зависимость коэффициента вязкости от давления и температуры.
3. Теплопроводность газов. Уравнение Фурье. Зависимость теплопроводности газа от давления и температуры.
4. Диффузия в газах. Уравнения Фика. Зависимость коэффициента диффузии от давления и температуры.
5. Поток газа и пропускная способность (проводимость) элемента аппаратуры.
6. Режимы течения газов в трубопроводе.
7. Проводимости трубопровода в вязкостном режиме течения.
8. Проводимость трубопровода в молекулярном режиме течения.
9. Расчет пропускной способности отверстий. Термомолекулярный эффект.
10. Расчет проводимости короткого трубопровода
11. Быстрота откачки системы. Основное уравнение вакуумной техники. Связь быстроты откачки системы со скоростью откачки насоса при различных проводимостях трубопровода.
12. Принцип действия, характеристики, конструкции и области применения механических насосов.
13. Принцип действия, характеристики, конструкции и области применения пароструйных насосов.
14. Газопоглотители. Назначение и основные виды газопоглотителей.
15. Распыляемые газопоглотители. Состав, конструкции, основные характеристики и области применения.
16. Нераспыляемые газопоглотители. Состав, характеристики и области использования.
17. Насосы для области сверхвысокого вакуума.
18. Принцип действия, характеристики, конструкции и области применения геттерно-ионных насосов.
19. Принцип действия, характеристики, конструкции и области применения магнито-разрядных насосов.
20. Принцип действия, характеристики, конструкции и области применения молекулярных насосов.
21. Адсорбция газов. Особенности адсорбции газов при низких давлениях.
22. Влияние гетерогенности поверхности на адсорбцию газов. Уравнение изотермы

- адсорбции Дубинина-Радушкевича.
23. Принцип действия, характеристики, конструкции и области применения сорбционных насосов.
 24. Классификация манометров для измерения низких давлений
 25. Мембранные манометры. Принцип действия, конструкции, области применения.
 26. Жидкостные манометры. Принцип действия, конструкции, области применения.
 27. Тепловые манометры. Принцип действия, конструкции, области применения.
 28. Электронные манометры. Принцип действия, конструкции, области применения.
 29. Магнитные манометры. Принцип действия, конструкции, области применения. Магнито-разрядные манометры.
 30. Измерение сверхнизких давлений. Манометр Байярда-Альперта.
 31. Принцип действия, характеристики, конструкции и области применения криогенных насосов.
 32. Методы обнаружения мест натекания в вакуумных системах. Виды течеискателей и области их применения.
 33. Гелиевые течеискатели. Принцип действия, области применения, достоинства и недостатки.
 34. Галогенные течеискатели. Принцип действия, области применения, достоинства и недостатки.
 35. Измерение парциальных давлений. Конструкции и принципы работы приборов для анализа газов при низких давлениях.
 36. Статический масс-спектрометр. Конструкция, характеристики и области применения.
 37. Омегатрон. Конструкция, характеристики и области применения.
 38. Времяпролетный масс-спектрометр. Конструкция, характеристики и области применения.
 39. Последовательность расчета вакуумных систем.
 40. Определение совместимости насосов вакуумной системы.
 41. Типовая схема промышленных вакуумных систем.

8.3. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (6 семестр – зачет с оценкой). Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40 баллов

Итоговый контроль по разделу 1 проводится в форме устного опроса по результатам выполнения расчетного задания и отчетов по лабораторным работам. Билет для проведения зачета с оценкой содержит 2 вопроса, максимальная оценка за каждый вопрос – 20 баллов. Общая оценка зачета с оценкой складывается путем суммирования оценок за расчетную работу (максимум 7 баллов), отчеты по лабораторным работам (максимум 53 балла) и ответ на зачете с оценкой (максимум 40 баллов). Максимальная оценка зачета с оценкой – 100 баллов.

Пример билета к зачету с оценкой.

«Утверждаю» Зав. кафедрой ХТК И.Х. Аветисов	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии кристаллов
	18.03.01 Химическая технология
« _ » _____ 20__	Профиль - Химическая технология материалов электроники
	Процессы в газах и в вакууме
Билет № 1	
1 Длина свободного пробега молекул, число столкновений молекул со стенкой. Число Кнудсена. Низкий, средний и высокий вакуум.	
2 Принцип действия, характеристики, конструкции и области применения механических насосов.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. А. Д. Барканов, Р. И. Аветисов, А. В. Хомяков, И. Х. Аветисов. Технология вакуумных производств. Теоретические основы. Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева Издательский центр Москва, 2022 -104 с.
2. А. Д. Барканов, Р. И. Аветисов, А. В. Хомяков, И. Х. Аветисов, И. В. Степанова. Технология вакуумных производств. Вакуумное оборудование. Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева Москва, 2022. – 96 с.

Б. Дополнительная литература

1. Е.П. Шешин. Вакуумные технологии. Долгопрудный, Издательский дом «Интеллект», 2009 - 504 с.
2. Л.Н. Розанов. Вакуумная техника. М.: Высшая школа, 1990-288 с.
3. Саксаганский Г.Л. Электрофизические вакуумные насосы. Москва, Энергоатомиздат, 1988 -280 с.
4. Кондаков Б.В., Кочурихин В.Е., Чащин В.А. п/ред Майера А.А. Лабораторные работы по курсу «Техника высокого вакуума» М.: МХТИ им. Д.И. Менделеева, 1980, вып. 1- 45 с., вып 2- 44 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Журнал «Вакуумная техника и технология» ISSN: 0869-1738
- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Квантовая Электроника. ISSN 0368-7147.
- Оптика и спектроскопия ISSN 0030-4034
- Физика твердого тела. ISSN 0367-3294
- Оптический журнал. ISSN 1023-5086
- Современная электроника. (ООО "СТА-пресс")
- Компоненты и технологии ISSN 2079-6811

- Фотоника ISSN 1993-7296
- Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники ISSN 1609-3577
- Лазерная техника и оптоэлектроника
- Advanced optical materials ISSN 2195-1071
- Optical and quantum electronics ISSN 0306-8919
- Optical materials ISSN 0925-3467
- Applied physics B: Lasers and optics ISSN 0946-2171
- Laser physics ISSN 1054-660x
- Electronics letters ISSN 0013-5194
- Advanced materials for optics and electronics ISSN 1057-9257
- Advanced electronic materials ISSN 2199-160x
- Russian microelectronics ISSN 0098-6658

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет

- <http://intellect.ml> - Электроника и фотоника
- <http://nano-portal.ru> - Нано Портал - Нанотехнологии России
- <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека
- <http://lib.msu.su> - Научная библиотека Московского государственного университета
- <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека
- <http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России
- <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
- <http://www.laser-portal.ru> - Лазерный Портал
- <http://www.portalnano.ru> - Нанотехнологии и наноматериалы. Федеральный интернет-портал
- <http://www.intechopen.com> - In Tech. Open Science
- <http://bookfi.org/g> - BookFinder. Самая большая электронная библиотека рунета. Поиск книг и журналов
- <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://abc-chemistry.org/ru> - ABC-Chemistry : Бесплатная научная химическая информация
- <http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - Сайт ФИПС. Информация о патентах

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы используются следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- Набор плакатов с конструкциями вакуумных насосов
- комплект задач для формирования расчетной работы (40 задач)

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 01.01.2023 составляет 1 727 628 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 «Процессы в газах и вакууме» проводятся в форме лекций, лабораторных занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Учебная лаборатория, оснащенная лабораторной мебелью, научным оборудованием для проведения лабораторных работ (стенды, вакуумные установки).

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

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса. Набор демонстрационных вакуумных приборов (вакуумные насосы, манометрические преобразователи).

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 модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p>Раздел 1. Молекулярно-кинетическая теория разреженных газов</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - теорию и основные понятия физики вакуума, особенности свойств газов при низких давлениях <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - обоснованно выбирать методы получения вакуума, соответствующие задачам эксперимента; <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - методами получения, измерения и сохранения вакуума в установках и приборах; - методами расчета элементов вакуумных систем и конструирования вакуумных систем. 	<p>Оценка за расчетную работу</p> <p>Оценка за лабораторные работы (№№ 1-3)</p> <p>Оценка за зачет с оценкой</p>
<p>Раздел 2. Методы получения и измерения вакуума.</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - методы получения вакуума и основные типы вакуумных насосов; - методы измерения низких давлений, конструкцию вакууметров и области применения различных методов измерения низких давлений <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - обоснованно выбирать методы получения вакуума, соответствующие задачам эксперимента; - выбрать и использовать различные типы манометров для измерения давления в различных областях низких давлений; <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - методами получения, измерения и сохранения вакуума в установках и приборах; - методами расчета элементов вакуумных систем и конструирования вакуумных систем; 	<p>Оценка за расчетную работу</p> <p>Оценка за лабораторные работы (№№ 4-6)</p> <p>Оценка за зачет с оценкой</p>

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
«Процессы в газах и вакууме»**

основной образовательной программы

18.03.01 «Химическая технология»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Химическая технология материалов электроники»

наименование ООП

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»



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

 Ф.А. Колоколов

01 « 09 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Теория роста кристаллов»

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
(Код и наименование направления подготовки)

Профиль подготовки – «Химическая технология материалов электроники»
(Наименование профиля подготовки)

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
« 19 » 06 2023 г.

Председатель  Н.А. Макаров

Москва 2023

Программа составлена: профессором кафедры химии и технологии кристаллов, д.ф.-м.н. Волошиным А.Э. и ассистентом, к.х.н. Сухановой Е.А.

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

(Наименование кафедры)

«16» мая 2023 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 Химическая технология, профиль «Химическая технология материалов электроники»** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **химии и технологии кристаллов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Программа относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана, к блоку обязательных дисциплин. Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общей химии, математики, физики, физической химии, кристаллографии и кристаллооптики.

Цель дисциплины подготовка конкурентоспособных специалистов для подразделений центров высоких технологий в области разработки и применения новых монокристаллических материалов, владеющих фундаментальными теоретическими основами этой науки как неизменными и нестареющими в процессе научно-технического развития ее аспектами.

Задачи дисциплины

- подготовить специалистов, владеющих фундаментальными основами управления процессами зарождения и роста монокристаллов;
- подготовить специалистов, владеющих теоретическими основами ростового формообразования монокристаллов как основного инструмента диагностики качества ростовых процессов;
- подготовить специалистов, ориентирующихся на основе общих законов кристаллообразования в вопросах футурологии развития методов выращивания монокристаллов

Дисциплина **«Теория роста кристаллов»** преподается в 5 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 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				
<p>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.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство;</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-3. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования материалов и приборов электронной техники и наноэлектроники</p>	<p>ПК-3.1. Знает физико-химические основы работы приборов электронной техники, получения монокристаллов и материалов электроники и наноэлектроники.</p> <p>ПК-3.3. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и наноэлектроники.</p>	<p>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.</p> <p>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,</p> <p>Обобщенная трудовая функция D. Техническая подготовка технологической базы производства приборов квантовой электроники и фотоники.</p> <p>D/04.6 Приведение функциональных возможностей оборудования в соответствие специфическим требованиям процессов нанотехнологии</p>

				<p>(уровень квалификации – 6).</p> <p>Профессиональный стандарт 40.011 «СПЕЦИАЛИСТ ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИМ РАЗРАБОТКАМ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04 марта 2014 года N 121н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5 Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок (уровень квалификации – 5).</p> <p>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 июля 2014 года N 446н, Обобщенная трудовая функция D. Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий. D/02.6 Разработка технических требований к модернизации технологических линий с целью реализации концепции производства и оптимизации технологических</p>
--	--	--	--	---

				<p>процессов с учетом требований систем менеджмента</p> <p>D/04.6 Разработка методик и техническое руководство экспериментальной проверкой технологических процессов и исследованием параметров наноструктурированных материалов (уровень квалификации – б).</p>
Технологический тип задач профессиональной деятельности				
<p>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.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство;</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-4. Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники</p>	<p>ПК-4.2. Умеет подбирать технологические параметры процесса производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники</p>	<p>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.</p> <p>Профессиональный стандарт 26.017 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПОДГОТОВКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ PVD-ПОКРЫТИЙ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 августа 2017 г. N 644н,</p> <p>Обобщенная трудовая функция С. Организация производственного процесса нанесения наноструктурированного PVD-покрытия.</p> <p>С/05.6. Контроль соблюдения технологических процессов на участке PVD-покрытий (уровень квалификации</p>

				<p>– 6).</p> <p>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 D. Техническая подготовка технологической базы производства приборов квантовой электроники и фотоники. D/04.6 Приведение функциональных возможностей оборудования в соответствие специфическим требованиям процессов нанотехнологии (уровень квалификации – 6).</p> <p>Профессиональный стандарт 40.011 «СПЕЦИАЛИСТ ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИМ РАЗРАБОТКАМ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04 марта 2014 года N 121н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5 Осуществление выполнения</p>
--	--	--	--	--

				экспериментов и оформления результатов исследований и разработок (уровень квалификации – 5).
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- законы, управляющие естественными ростовыми формами монокристаллов;
- законы, управляющие процессами роста монокристаллов и пути стабилизации этих процессов;

уметь:

- использовать морфологические признаки растущего монокристалла для управления процессом его роста;

владеть:

- навыками теоретического анализа различных процессов роста монокристаллов на основании фундаментальных законов кристаллообразования.

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	48	36
Лекции	0,445	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,445	16	12
Самостоятельная работа	1,5	60	45
Контактная самостоятельная работа	1,5	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,6	44,7
Вид контроля:	зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лекции	Прак. Зан.	Лаб. работы	Сам. работа
1	Раздел 1. Зарождение кристаллов	72	16	16		40
2	Раздел 2. Рост кристаллов	72	16	16		40
	ИТОГО	144	32	32	-	80

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Зарождение кристаллов

1. Введение. История вопроса.

Связь курса с другими специальными дисциплинами. Цель, задачи и структура курса. Порядок прохождения курса. Три периода истории развития теории роста кристаллов: Дж. В. Гиббс, П. Кюри, Ю. (Г.) В. Вульф и их работы в области теории роста кристаллов. Феноменологические и атомарноструктурные теории. Развитие атомарноструктурного подхода от В. Косселя и И. Н. Странского до П. Беннемы. Дислокационный механизм роста В. Бартока, Н. Кабреры и Ф. К. Франка. Работы А. А. Чернова.

2. Феномен плоскогранности кристалла. Макро- и микрограницы. Вициналии. Изогнутый кристалл.

3. Ростовые формы. Самоподобие идеального кристалла. Центр зарождения кристалла. Пирамиды роста. Секторы роста. Естественные и искусственные грани кристалла. Псевдограницы кристалла.

4. Коэффициент формы грани кристалла. Коэффициент формы пирамиды роста.

5. Первое начало термодинамики для растущего кристалла.

6. Второе начало термодинамики для растущего кристалла. Объединенное первое и второе начало термодинамики для растущего кристалла. Лабильность равновесия растущего кристалла. Потенциальный барьер роста растущего кристалла.

7. Термодинамические потенциалы растущего кристалла.

8. Уравнение (правило) Вульфа.
9. Действительные, вырожденные и мнимые грани кристаллов. Векторная форма уравнения Вульфа.
10. Указательная поверхность удельной свободной поверхностной энергии кристалла (указательная поверхность Эренфеста). Сингулярные грани кристалла. Природа специфичности огранки данного вида кристаллов.
11. Неравновесный процесс зарождения и роста кристаллов (процесс Вольмера-Вебера). Особые точки процесса Вольмера-Вебера: равновесная точка, точка перегиба и точка нулевого значения энергии Гиббса. Универсальная кривая процесса Вольмера-Вебера.
12. Спонтанное зарождение кристалла. Критический радиус кристаллического зародыша. Инкубационный период кристаллизации.

Раздел 2. Рост кристаллов

13. Сила кристаллизационного давления. Состав силы кристаллизационного давления: объемная сила, поверхностная сила и сила внешнего давления. Векторная диаграмма состава силы кристаллизационного давления.
14. Кристаллизационное давление. Состав кристаллизационного давления: объемное давление, поверхностное давление и внешнее давление.
15. Состав кристаллизационного давления и силы кристаллизационного давления в процессе Вольмера-Вебера. Универсальные зависимости компонентов кристаллизационного давления от размера кристалла.
16. Экспериментальное определение поверхностного и объемного давлений при кристаллизации. Возможность получения сверхвысоких давлений при кристаллизации нанокристаллов.
17. Получение алмазных пленок.
18. Зависимость объема кристалла от концентрации кристаллизующего вещества в кристаллизационной среде. Случай неограниченной кристаллизационной среды. Зависимость объема кристалла от изменения объема кристаллизационной среды. Предкристаллизационные среды.
19. Уравнение состояния растущего кристалла.
20. Постулат о существовании физико-химического равновесия для макрокристаллов.
21. Изобарный рост кристалла из расплава или чистой паровой фазы или из раствора при постоянной концентрации и при постоянном объеме кристаллизационной среды. Уравнение Томсона-Кельвина для растущих кристаллов при переохлаждении кристаллизационной среды. Зависимость размера кристалла от переохлаждения кристаллизационной среды в неравновесном процессе.
22. Изотермический рост кристаллов из расплава или чистой паровой фазы, или из раствора при постоянной концентрации и постоянном объеме кристаллизационной среды. Уравнение Томсона-Кельвина для растущего кристалла при пересыщении по давлению. Зависимость размера кристалла от внешнего давления в неравновесном процессе.
23. Изобарно-изотермический рост кристаллов при изменении концентрации или объема кристаллизационной среды. Уравнение Томсона-Кельвина для растущего кристалла при концентрационном пересыщении. Зависимость размера кристалла от концентрационного пересыщения в неравновесном процессе.
24. Равновесная метастабильная область кристаллизации. Равновесное пересыщение кристаллизационной среды по температуре, давлению, концентрации и объему этой среды. Равновесное возмущение равновесного пересыщения растущего кристалла.
25. Неравновесная метастабильная область кристаллизации. Неравновесное пересыщение кристаллизационной среды по температуре, давлению, концентрации и объему этой среды. Неравновесное возмущение равновесного состояния растущего кристалла.
26. Дифференциальное уравнение малого неравновесного возмущения растущего кристалла.
27. Решение дифференциального уравнения малого неравновесного гармонического возмущения растущего кристалла. Стабилизация лабильности растущего кристалла при таком гармоническом возмущении. Аналогия с маятником Капицы.
28. Стабилизация лабильного равновесия растущего кристалла при тепловом флуктуационном неравновесном возмущении кристаллизационной среды. Условия, при которых наступает такая стабилизация.
29. Равновесная и неравновесная множественная кристаллизация. Признаки этих видов кристаллизации.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2
	Знать:		
1	законы, управляющие естественными ростовыми формами монокристаллов;	+	+
2	законы, управляющие процессами роста монокристаллов и пути стабилизации этих процессов		+
	Уметь:	+	+
3	использовать морфологические признаки растущего монокристалла для управления процессом его роста;	+	+
	Владеть:		
4	навыками теоретического анализа различных процессов роста монокристаллов на основании фундаментальных законов кристаллообразования.	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:			
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	
5	ПК-3. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники	ПК-3.1. Знает физико-химические основы работы приборов электронной техники, получения монокристаллов и материалов электроники и нанoeлектроники.	+
6		ПК-3.3. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники.	+
7	ПК-4. Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники	ПК-4.2. Умеет подбирать технологические параметры процесса производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 18.03.01 Химическая технология, профиль «Химическая технология материалов электроники» предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине «Теория роста кристаллов» в объеме 32 ак. час. (1 зач. ед.). Практические занятия проводятся под руководством преподавателей и направлены на углубление теоретических знаний, полученных студентом на лекционных занятиях, расширение знаний в области теории кристаллизации.

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;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике курса;
- подготовку к сдаче зачета 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 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

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

По дисциплине предусмотрены две контрольные работы, каждая по 30 баллов.

Раздел 1.

Контрольная №1

1. Феномен плоскогранности кристалла. Закон Стенона. Макро- и микрограни. Вициналии.
2. Атомарно-структурная модель механизма роста кристаллов.
3. Дислокационный механизм роста кристаллов.
4. Ростовые формы. Самоподобие идеального кристалла. Центр зарождения кристалла. Пирамиды роста. Секторы роста.
5. Естественные и искусственные грани кристалла. Псевдограни кристалла.
6. Коэффициент формы грани кристалла. Коэффициент формы пирамиды роста.
7. Первое начало термодинамики для растущего кристалла.
8. Второе начало термодинамики для растущего кристалла. Объединенное первое и второе начало термодинамики для растущего кристалла. Лабильность равновесия растущего кристалла. Потенциальный барьер роста растущего кристалла.
9. Объединенное первое и второе начало термодинамики для растущего кристалла, выраженное через функцию Гельмгольца.

10. Объединенное первое и второе начало термодинамики для растущего кристалла, выраженное через энтальпию.
11. Объединенное первое и второе начало термодинамики для растущего кристалла, выраженное через потенциал Гиббса.
12. Уравнение (правило) Вульфа, выраженное через внутреннюю энергию.
13. Уравнение (правило) Вульфа, выраженное через функцию Гельмгольца.
14. Уравнение (правило) Вульфа, выраженное через энтальпию.
15. Уравнение (правило) Вульфа, выраженное через потенциал Гиббса.
16. Действительные, вырожденные и мнимые грани кристаллов. Векторная форма уравнения Вульфа.
17. Указательная поверхность удельной свободной поверхностной энергии кристалла (указательная поверхность Эренфеста). Сингулярные грани кристалла. Природа специфичности огранки данного вида кристаллов.
18. Неравновесный процесс зарождения и роста кристаллов (процесс Вольмера-Вебера), выраженный через внутреннюю энергию.
19. Неравновесный процесс зарождения и роста кристаллов (процесс Вольмера-Вебера), выраженный через функцию Гельмгольца.
20. Неравновесный процесс зарождения и роста кристаллов (процесс Вольмера-Вебера), выраженный через энтальпию.
21. Неравновесный процесс зарождения и роста кристаллов (процесс Вольмера-Вебера), выраженный через потенциал Гиббса.
22. Обобщенное двучленное уравнение процесса Вольмера-Вебера.
23. Особые точки процесса Вольмера-Вебера: равновесная точка, точка перегиба и точка нулевого значения энергии Гиббса. Универсальная кривая процесса Вольмера-Вебера.
24. Спонтанное зарождение кристалла. Критический радиус кристаллического зародыша. Инкубационный период кристаллизации.
25. Обобщенное трехчленное уравнение процесса Вольмера-Вебера.

Раздел 2.

Контрольная №2

1. Сила кристаллизационного давления. Состав силы кристаллизационного давления: объемная сила, поверхностная сила и сила внешнего давления. Векторная диаграмма состава силы кристаллизационного давления.
2. Кристаллизационное давление. Состав кристаллизационного давления: объемное давление, поверхностное давление и внешнее давление.
3. Состав кристаллизационного давления и силы кристаллизационного давления в процессе Вольмера-Вебера.
4. Универсальные зависимости компонентов кристаллизационного давления от размера кристалла.
5. Экспериментальное определение поверхностного давления при кристаллизации. Возможность получения сверхвысоких давлений при кристаллизации нанокристаллов.
6. Экспериментальное определение объемного давления при кристаллизации.
7. Получение алмазных пленок.
8. Зависимость объема кристалла от концентрации кристаллизующего вещества в кристаллизационной среде. Случай неограниченной кристаллизационной среды.
9. Зависимость объема кристалла от изменения концентрации в кристаллизационной среде.
10. Зависимость объема кристалла от изменения объема кристаллизационной среды.
11. Предкристаллизационные среды. Универсальная зависимость объема кристаллов от концентрации и объема предкристаллизационных сред.
12. Уравнение состояния растущего кристалла.
13. Постулат о существовании физико-химического равновесия.

14. Изобарный рост кристалла из расплава или чистой паровой фазы или из раствора при постоянной концентрации и при постоянном объеме кристаллизационной среды. Уравнение Томсона-Кельвина для растущих кристаллов при переохлаждении кристаллизационной среды.
15. Изобарный рост кристалла из расплава или чистой паровой фазы или из раствора при постоянной концентрации и при постоянном объеме кристаллизационной среды. Зависимость размера кристалла от переохлаждения кристаллизационной среды в неравновесном процессе.
16. Изотермический рост кристаллов из расплава или чистой паровой фазы, или из раствора при постоянной концентрации и постоянном объеме кристаллизационной среды. Уравнение Томсона-Кельвина для растущего кристалла при пересыщении по давлению.
17. Изотермический рост кристаллов из расплава или чистой паровой фазы, или из раствора при постоянной концентрации и постоянном объеме кристаллизационной среды. Зависимость размера кристалла от внешнего давления в неравновесном процессе.
18. Изобарно-изотермический рост кристаллов при изменении концентрации или объема кристаллизационной среды. Уравнение Томсона-Кельвина для растущего кристалла при концентрационном пересыщении.
19. Изобарно-изотермический рост кристаллов при изменении концентрации или объема кристаллизационной среды. Зависимость размера кристалла от концентрационного пересыщения в неравновесном процессе.
20. Равновесная метастабильная область кристаллизации. Равновесное пересыщение кристаллизационной среды по температуре, давлению, концентрации и объему этой среды. Равновесное возмущение равновесного пересыщения растущего кристалла.
21. Неравновесная метастабильная область кристаллизации. Неравновесное пересыщение кристаллизационной среды по температуре, давлению, концентрации и объему этой среды. Неравновесное возмущение равновесного состояния растущего кристалла.
22. Дифференциальное уравнение малого неравновесного возмущения растущего кристалла.
23. Решение дифференциального уравнения малого неравновесного гармонического возмущения растущего кристалла. Стабилизация лабильности растущего кристалла при таком гармоническом возмущении. Аналогия с маятником Капицы.
24. Стабилизация лабильного равновесия растущего кристалла при тепловом флуктуационном неравновесном возмущении кристаллизационной среды. Условия, при которых наступает такая стабилизация.
25. Равновесная и неравновесная множественная кристаллизация. Признаки этих видов кристаллизации.

Итоговый контроль – зачет с оценкой

Итоговый контроль проводится в форме зачета с оценкой. Билет для проведения зачета содержит 2 вопроса, максимальная оценка за каждый вопрос – 20 баллов. Общая оценка зачета складывается путем суммирования оценок за контрольную работу №1 (максимум 30 баллов), контрольную работу №2 (максимум 30 баллов) и ответ на зачете (максимум 40 баллов). Максимальная оценка зачета – 100 баллов.

8.3. Примеры контрольных вопросов для контроля освоения дисциплины на зачете с оценкой

1. Феномен плоскогранности кристалла. Закон Стенона. Макро- и микрограни. Визиналии.
2. Атомарно-структурная модель механизма роста кристаллов.
3. Дислокационный механизм роста кристаллов.
4. Ростовые формы. Самоподобие идеального кристалла. Центр зарождения кристалла. Пирамиды роста. Секторы роста.

5. Естественные и искусственные грани кристалла. Псевдограни кристалла.
6. Коэффициент формы грани кристалла. Коэффициент формы пирамиды роста.
7. Первое начало термодинамики для растущего кристалла.
8. Второе начало термодинамики для растущего кристалла. Объединенное первое и второе начало термодинамики для растущего кристалла. Лабильность равновесия растущего кристалла. Потенциальный барьер роста растущего кристалла.
9. Объединенное первое и второе начало термодинамики для растущего кристалла, выраженное через функцию Гельмгольца.
10. Объединенное первое и второе начало термодинамики для растущего кристалла, выраженное через энтальпию.
11. Объединенное первое и второе начало термодинамики для растущего кристалла, выраженное через потенциал Гиббса.
12. Уравнение (правило) Вульфа, выраженное через внутреннюю энергию.
13. Уравнение (правило) Вульфа, выраженное через функцию Гельмгольца.
14. Уравнение (правило) Вульфа, выраженное через энтальпию.
15. Уравнение (правило) Вульфа, выраженное через потенциал Гиббса.
16. Действительные, вырожденные и мнимые грани кристаллов. Векторная форма уравнения Вульфа.
17. Указательная поверхность удельной свободной поверхностной энергии кристалла (указательная поверхность Эренфеста). Сингулярные грани кристалла. Природа специфичности огранки данного вида кристаллов.
18. Неравновесный процесс зарождения и роста кристаллов (процесс Вольмера-Вебера), выраженный через внутреннюю энергию.
19. Неравновесный процесс зарождения и роста кристаллов (процесс Вольмера-Вебера), выраженный через функцию Гельмгольца.
20. Неравновесный процесс зарождения и роста кристаллов (процесс Вольмера-Вебера), выраженный через энтальпию.
21. Неравновесный процесс зарождения и роста кристаллов (процесс Вольмера-Вебера), выраженный через потенциал Гиббса.
22. Обобщенное двучленное уравнение процесса Вольмера-Вебера.
23. Особые точки процесса Вольмера-Вебера: равновесная точка, точка перегиба и точка нулевого значения энергии Гиббса. Универсальная кривая процесса Вольмера-Вебера.
24. Спонтанное зарождение кристалла. Критический радиус кристаллического зародыша. Инкубационный период кристаллизации.
25. Обобщенное трехчленное уравнение процесса Вольмера-Вебера.
26. Сила кристаллизационного давления. Состав силы кристаллизационного давления: объемная сила, поверхностная сила и сила внешнего давления. Векторная диаграмма состава силы кристаллизационного давления.
27. Кристаллизационное давление. Состав кристаллизационного давления: объемное давление, поверхностное давление и внешнее давление.
28. Состав кристаллизационного давления и силы кристаллизационного давления в процессе Вольмера-Вебера.
29. Универсальные зависимости компонентов кристаллизационного давления от размера кристалла.
30. Экспериментальное определение поверхностного давления при кристаллизации. Возможность получения сверхвысоких давлений при кристаллизации нанокристаллов.
31. Экспериментальное определение объемного давления при кристаллизации.
32. Получение алмазных пленок.
33. Зависимость объема кристалла от концентрации кристаллизующего вещества в кристаллизационной среде. Случай неограниченной кристаллизационной среды.
34. Зависимость объема кристалла от изменения концентрации в кристаллизационной среде.

35. Зависимость объема кристалла от изменения объема кристаллизационной среды.
36. Предкристаллизационные среды. Универсальная зависимость объема кристаллов от концентрации и объема предкристаллизационных сред.
37. Уравнение состояния растущего кристалла.
38. Постулат о существовании физико-химического равновесия.
39. Изобарный рост кристалла из расплава или чистой паровой фазы или из раствора при постоянной концентрации и при постоянном объеме кристаллизационной среды. Уравнение Томсона-Кельвина для растущих кристаллов при переохлаждении кристаллизационной среды.
40. Изобарный рост кристалла из расплава или чистой паровой фазы или из раствора при постоянной концентрации и при постоянном объеме кристаллизационной среды. Зависимость размера кристалла от переохлаждения кристаллизационной среды в неравновесном процессе.
41. Изотермический рост кристаллов из расплава или чистой паровой фазы, или из раствора при постоянной концентрации и постоянном объеме кристаллизационной среды. Уравнение Томсона-Кельвина для растущего кристалла при пересыщении по давлению.
42. Изотермический рост кристаллов из расплава или чистой паровой фазы, или из раствора при постоянной концентрации и постоянном объеме кристаллизационной среды. Зависимость размера кристалла от внешнего давления в неравновесном процессе.
43. Изобарно-изотермический рост кристаллов при изменении концентрации или объема кристаллизационной среды. Уравнение Томсона-Кельвина для растущего кристалла при концентрационном пересыщении.
44. Изобарно-изотермический рост кристаллов при изменении концентрации или объема кристаллизационной среды. Зависимость размера кристалла от концентрационного пересыщения в неравновесном процессе.
45. Равновесная метастабильная область кристаллизации. Равновесное пересыщение кристаллизационной среды по температуре, давлению, концентрации и объему этой среды. Равновесное возмущение равновесного пересыщения растущего кристалла.
46. Неравновесная метастабильная область кристаллизации. Неравновесное пересыщение кристаллизационной среды по температуре, давлению, концентрации и объему этой среды. Неравновесное возмущение равновесного состояния растущего кристалла.
47. Дифференциальное уравнение малого неравновесного возмущения растущего кристалла.
48. Решение дифференциального уравнения малого неравновесного гармонического возмущения растущего кристалла. Стабилизация лабильности растущего кристалла при таком гармоническом возмущении. Аналогия с маятником Капицы.
49. Стабилизация лабильного равновесия растущего кристалла при тепловом флуктуационном неравновесном возмущении кристаллизационной среды. Условия, при которых наступает такая стабилизация.
50. Равновесная и неравновесная множественная кристаллизация. Признаки этих видов кристаллизации.

8.4. Структура и пример билетов к зачету с оценкой.

<i>«Утверждаю» Зав.кафедрой _____2023 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 18.03.01 Химическая технология Профиль «Химическая технология материалов электроники»
	Теория роста кристаллов
Билет № 1	
1. Феномен плоскогранности кристалла. Закон Стенона. Макро- и микрограни. Вициналии.	
2. Критический радиус кристаллического зародыша. Вероятность спонтанного зарождения кристалла. Инкубационный период зарождения кристаллов.	

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: 03.04.2023)

Б. Дополнительная литература

1. Майер, А. А. Процессы роста кристаллов: учеб. пособие / А.А. Майер. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 1999. - 176 с
2. К.-Т. Вильке. Выращивание кристаллов. Л.: Недра, 1977, 600 с.
3. Х.С. Багдасаров. Высокотемпературная кристаллизация из расплава. М.: Физматлит, 2004, 160 с.
4. Математическое моделирование. Получение монокристаллов и полупроводниковых структур. Под ред. акад. А.А. Самарского. М.: Наука, 1986, 198 с.
5. В.Н. Портнов, Е.В. Чупрунов. Возникновение и рост кристаллов. М.: Физматлит, 2006, 328 с.
6. 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

- Журнал неорганической химии ISSN: 0044-457X
- Журнал общей химии ISSN: 0044-460X
- «Неорганические материалы» ISSN: 0002-337X
- Российский химический журнал ISSN: 0373-0247

- «Успехи химии» ISSN: 0044-460X
- Доклады Академии наук ISSN: 0869-5652
- Журнал «Кристаллография» ISSN: 0023-4761
- Journal of Chemical & Engineering Data ISSN: 1520-9568
- Nature Nanotechnology ISSN: 1748-3387
- Nature Chemistry ISSN: 1755-4330
- Journal of Crystal Growth ISSN: 0022-0248

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 01.01.2023 составляет 1 727 628 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 «Методы исследования материалов фотоники» проводятся в форме лекций, практических и лабораторных занятий и самостоятельной работы студента.

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:

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

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 модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1.	<i>Знает:</i> - законы, управляющие естественными ростовыми формами монокристаллов; законы, управляющие процессами роста монокристаллов и пути стабилизации этих процессов; <i>Умеет:</i> - использовать морфологические признаки растущего монокристалла для управления процессом его роста; <i>Владеет:</i> - навыками теоретического анализа различных процессов роста монокристаллов на основании фундаментальных законов кристаллообразования.	Оценка за контрольную работу №1 Оценка за зачет с оценкой
Раздел 2.	<i>Знает:</i> - законы, управляющие естественными ростовыми формами монокристаллов; законы, управляющие процессами роста монокристаллов и пути стабилизации этих процессов; <i>Умеет:</i> - использовать морфологические признаки растущего монокристалла для управления процессом его роста;	Оценка за контрольную работу №2 Оценка за зачет с оценкой

	<p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками теоретического анализа различных процессов роста монокристаллов на основании фундаментальных законов кристаллообразования. 	
--	--	--

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
«Теория роста кристаллов»
основной образовательной программы**

18.03.01 «Химическая технология»

Профиль – «Химическая технология материалов электроники»

«Основная образовательная программа высшего образования – программа бакалавриата»

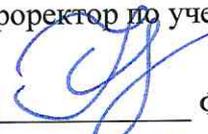
Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
2.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

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

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе




Ф.А. Колоколов

01 » 09 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Физическая химия реального кристалла»

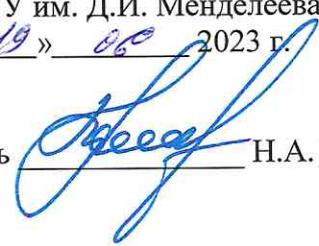
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
(Код и наименование направления подготовки)

Профиль подготовки – «Химическая технология материалов электроники»
(Наименование профиля подготовки)

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева

«19» 06 2023 г.

Председатель  Н.А. Макаров

Москва 2023

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)

«16» мая 2023 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, профиль «Химическая технология материалов электроники», рекомендациями Методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Программа относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана. Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общей химии, математики, физики, физической химии, кристаллографии.

Цель дисциплины – формирование у студентов бакалавриата представлений о методах управления явлениями дефектообразования в кристаллических фазах, о способах синтеза кристаллов с заданным уровнем дефектов и желаемыми свойствами.

Задачи дисциплины – ознакомление с теоретическими основами физической химии твердого тела и выявления взаимосвязи между термодинамическими условиями синтеза и структурно-чувствительными свойствами фаз, содержащих точечные, протяженные и объемные дефекты, ознакомление с методами исследований отклонений от стехиометрии в кристаллических фазах неорганических соединений, а также вскрытие закономерностей разупорядочения в кристаллах и его влияния на их свойства.

Дисциплина «*Физическая химия реального кристалла*» преподается в 5 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 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				
<p>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.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство;</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-3. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники</p>	<p>ПК-3.1. Знает физико-химические основы работы приборов электронной техники, получения монокристаллов и материалов электроники и нанoeлектроники.</p> <p>ПК-3.2. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники</p>	<p>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.</p> <p>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,</p> <p>Обобщенная трудовая функция D. Техническая подготовка технологической базы производства приборов квантовой электроники и фотоники.</p> <p>D/04.6 Приведение функциональных возможностей оборудования в соответствие специфическим требованиям процессов нанотехнологии</p>

				<p>(уровень квалификации – 6).</p> <p>Профессиональный стандарт 40.011 «СПЕЦИАЛИСТ ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИМ РАЗРАБОТКАМ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04 марта 2014 года N 121н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5 Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок (уровень квалификации – 5).</p> <p>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 июля 2014 года N 446н, Обобщенная трудовая функция D. Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий. D/02.6 Разработка технических требований к модернизации технологических линий с целью реализации концепции производства и оптимизации технологических</p>
--	--	--	--	---

				процессов с учетом требований систем менеджмента D/04.6 Разработка методик и техническое руководство экспериментальной проверкой технологических процессов и исследованием параметров наноструктурированных материалов (уровень квалификации – б).
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-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом.	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 26.017 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПОДГОТОВКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ PVD-ПОКРЫТИЙ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 августа 2017 г. N 644н, Обобщенная трудовая функция С. Организация производственного процесса нанесения наноструктурированного PVD-покрытия. С/05.6. Контроль соблюдения технологических процессов на участке

				<p>PVD-покрытий (уровень квалификации – 6).</p> <p>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 июля 2014 года N 446н, Обобщенная трудовая функция D. Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий. D/02.6 Разработка технических требований к модернизации технологических линий с целью реализации концепции производства и оптимизации технологических процессов с учетом требований систем менеджмента D/04.6 Разработка методик и техническое руководство экспериментальной проверкой технологических процессов и исследованием параметров наноструктурированных материалов (уровень квалификации – 6).</p>
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- классификацию дефектов в кристаллических материалах;
- методы определения концентраций равновесных и неравновесных дефектов;
- основные типы нестехиометрических фаз;
- основные закономерности влияния дефектов нестехиометрии на свойства кристаллов.

Уметь:

- использовать квазихимическую теорию для описания процессов дефектообразования в кристаллах;
- рассчитывать концентрацию различных типов дефектов из разнородных экспериментальных данных;
- рассчитывать свойства кристаллов в зависимости от концентрации равновесных точечных дефектов.

Владеть:

- навыками определения типов дефектов по разнородным экспериментальным данным;
- методами расчета концентрация тепловых дефектов и дефектов нестехиометрии;
- методами определения термодинамических параметров равновесных точечных дефектов в кристаллах.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	Всего	
	ЗЕ	Ак. час.
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	4	144
Контактная работа – аудиторные занятия:	2	64
Лекции (Лек)	1	32
Практические занятия (ПЗ)	1	32
Самостоятельная работа:	2	80
Расчетная работа	-	-
Реферат	-	-
Контактная самостоятельная работа	0,25	0,2
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		79,8
Виды контроля:		
Зачет с оценкой		

Виды учебной работы	Всего	
	ЗЕ	Астр. час.
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	4	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	2	48
Лекции (Лек)	1	24
Практические занятия (ПЗ)	1	24
Самостоятельная работа (СР):	2	60

Расчетная работа	-	-
Реферат	-	-
Контактная самостоятельная работа		0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,85
Виды контроля:		
Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лек-ции	Прак. Зан.	Сам. работа
1	Раздел 1. Физическая химия реального кристалла	72	16	16	40
2	Раздел 2. Собственные и несобственные примеси в реальном кристалле	72	16	16	40
	ИТОГО	144	32	32	80

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Физическая химия реального кристалла

Введение. Идеальный и реальный (с дефектами) кристалл. Физическая химия кристаллов с дефектами, как область знаний о формировании свойств кристалла, обусловленных его дефектностью. Классификация дефектов структуры кристалла.

Тепловой беспорядок в кристалле. Тепловые дефекты. Феноменологическая характеристика тепловых дефектов. Выявление закономерностей, описывающих зависимость концентрации тепловых дефектов от температуры методами статистической термодинамики. Концентрация дефектов как функция температуры в однокомпонентных кристаллах. Зависимость концентрации тепловых дефектов от температуры в двухкомпонентных кристаллических соединениях. Экспериментальные методы определения концентрации тепловых дефектов. Выявление закономерностей, описывающих явления дефектообразования в кристаллах методами квазихимической аналогии. Сопоставление квазихимических и статистических методов.

Раздел 2. Собственные и несобственные примеси в реальном кристалле

Беспорядок в кристалле, обусловленный нарушениями стехиометрии. Дефекты нестехиометрии. О неизбежности нарушения стехиометрии в кристаллах химических соединений. Нестехиометрия бинарных соединений. Влияние дефектов нестехиометрии на свойства кристаллов. Зависимость концентрации дефектов нестехиометрии от основных термодинамических параметров – давления и температуры. Особенности аналитического и графического описания таких закономерностей. Отображение явлений нарушения стехиометрии на диаграммах состояния. О термодинамической природе нестехиометрических фаз как твердых растворов избыточных компонентов в основном веществе. Термодинамический анализ причин, определяющих вид области гомогенности и ее положение на диаграмме состояния.

Проблема собственных примесей в особо чистом кристалле стехиометрического состава. Физико-химические основы методов регулирования уровня собственных примесей в таких кристаллах. Энергетика дефектов нестехиометрии. Определение

основных термодинамических параметров дефектообразования $\Delta H_{\text{деф}}$, $\Delta S_{\text{деф}}$, $\Delta G_{\text{деф}}$, расчетные и экспериментальные методы.

Заключение.

Перспективы развития химии твердого тела. Проблемы, связанные с дальнейшим развитием теории разупорядочения кристаллов. Проблемы нестехиометрии. Проблемы получения бездислокационных кристаллов.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2
	Знать:		
1	- классификацию дефектов в кристаллических материалах;	+	+
2	- методы определения концентраций равновесных и неравновесных дефектов;	+	+
3	- основные типы нестехиометрических фаз;	+	+
4	- основные закономерности влияния дефектов нестехиометрии на свойства кристаллов.	+	+
	Уметь:		
5	- использовать квазихимическую теорию для описания процессов дефектообразования в кристаллах;	+	+
6	- рассчитывать концентрацию различных типов дефектов из разнородных экспериментальных данных;	+	+
7	- рассчитывать свойства кристаллов в зависимости от концентрации равновесных точечных дефектов.	+	+
	Владеть:		
8	- навыками определения типов дефектов по разнородным экспериментальным данным;	+	+
9	- методами расчета концентрация тепловых дефектов и дефектов нестехиометрии;	+	+
10	- методами определения термодинамических параметров равновесных точечных дефектов в кристаллах.	+	+
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	
12	ПК-3. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники	ПК-3.1. Знает физико-химические основы работы приборов электронной техники, получения монокристаллов и материалов электроники и нанoeлектроники.	+
13		ПК-3.2. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники.	+
14	ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом.	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерный перечень практических занятий

№ пп	Раздел	Темы практических занятий	Часы
1	1	Расчет концентрации тепловых дефектов в зависимости от температуры в однокомпонентных кристаллах	8
2		Расчет квазихимических реакций дефектообразования в однокомпонентном кристалле с учетом образования электрически нейтральных и заряженных дефектов	8
3	2	Расчет концентраций ионизированных и электронейтральных дефектов в нестехиометрических бинарных кристаллах	8
4		Построение диаграммы Броуэра для бинарного кристалла при образовании электронейтральных. Однократно и двукратно ионизированных дефектов в обеих подрешетках.	8

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены.

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;
- выполнение расчетной работы по тематике курса;
- подготовку реферата по тематике курса на основе проработки рекомендованной литературы и работы с электронно-библиотечными системами;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике курса;
- подготовку к сдаче зачета с оценкой 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 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

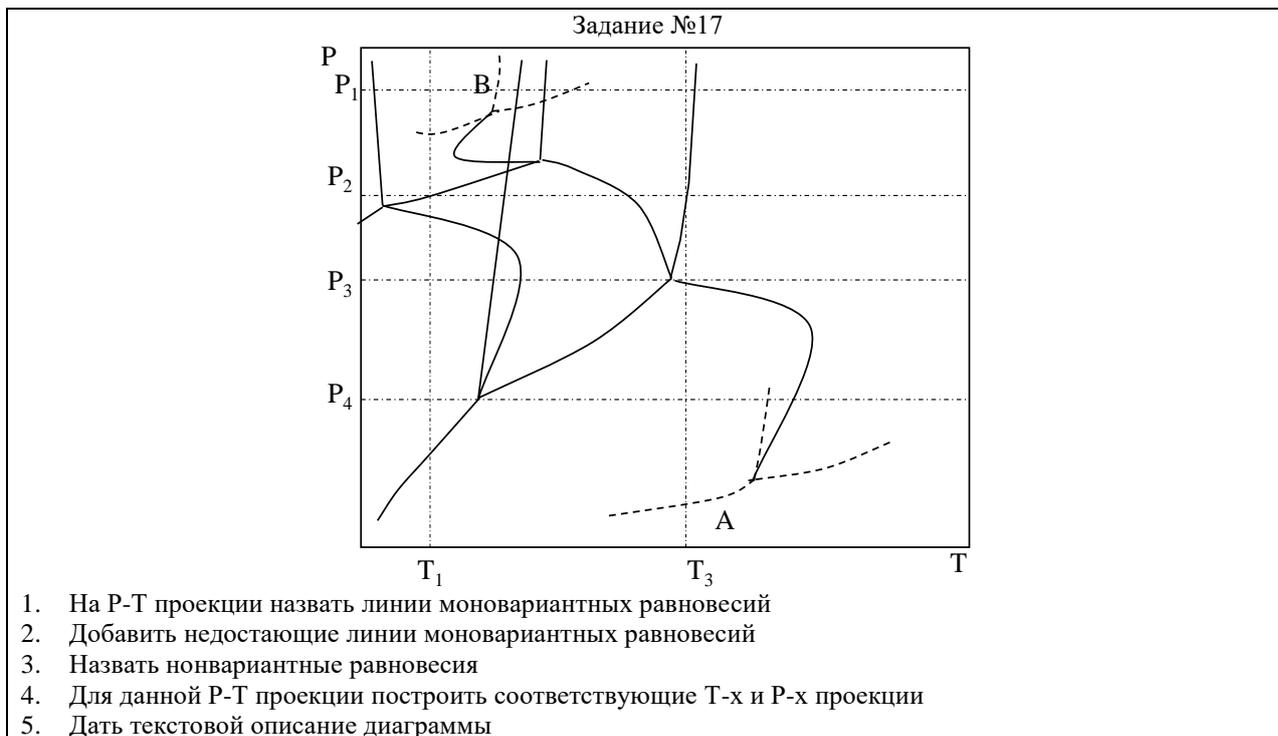
Совокупная оценка по дисциплине в 5 семестре складывается из оценок за контрольные работы (максимум 20 баллов), расчетную работу (максимум 30 баллов), реферат (максимум 10 баллов) и итогового контроля в форме зачета с оценкой (максимальная оценка 40 баллов).

8.1 Примерная тематика расчетной работы

Расчетная работа по курсу выполняется в 5 семестре в часы, выделенные учебным планом на самостоятельную работу. Максимальная оценка расчетной работы – 30 баллов.

Тематика расчетной работы: «Построение T-X и P-X проекций и T-X и P-X сечений P-T-X диаграммы бинарной системы с нестехиометрическими фазами химических соединений. Создание текстового описания P-T-X диаграммы достаточного для построения взаимосогласованных P-T, T-X и P-X проекций».

Пример задания расчетной работы:



8.2 Примерная тематика рефератов

Реферат пишется в 5 семестре в часы, выделенные учебным планом на самостоятельную работу, по темам, охватывающим все разделы курса, но разобранным в лекционном курсе бегло. Студент может выполнить реферат по самостоятельно выбранной, но согласованной с преподавателем, теме. Максимальная оценка реферата – 10 баллов.

Примерные темы рефератов:

1. Влияние тепловых дефектов на функциональные свойства материалов на основе одноэлементных материалов.
2. Экспериментальные методы синтеза нестехиометрических фаз многокомпонентных кристаллов.
3. История создания методов определения отклонений от стехиометрии.
4. Прямые и косвенные методы определения собственных точечных дефектов в бинарных полупроводниковых кристаллах.
5. Влияние собственных точечных дефектов на фотофизические характеристики полупроводниковых материалов.
6. Формирование заданных электрофизических характеристик кристаллов за счет реакций взаимопревращения электрически нейтральных дефектов в ионизированный в бинарных полупроводниковых соединениях.
7. Современные представления о нестехиометрии сложных оксидных кристаллов, используемых в качестве лазерных матриц.

8. Технология получения нестехиометрических кристаллов бинарных полупроводников методами направленной кристаллизации с контролируемым отклонением от стехиометрии.
9. Контроль дефектов нестехиометрии халькогенидных кристаллов
10. Влияние примесного состава на свойства нестехиометрических кристаллов.

8.3 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрены 2 контрольные работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольную работу №1 – 12 баллов. Контрольная работа №2 оценивается в 8 баллов.

Примеры задач к контрольной работе №1. Максимальная оценка – 12 баллов. Контрольная работа содержит 3 вопроса в форме задач, первый – 4 балла, второй – 4 балла, третий – 4 балла.

Вопрос 1.1.

Задача 1.1

Кристаллический PbS при испарении полностью диссоциирует на Pb и S₂: $PbS_{ТВ} = Pb_{газ} + \frac{1}{2} S_{2\ газ}$. Рассчитайте P_{Pb} и P_{S₂} при изотермическом отжиге PbS_{ТВ} в герметичной ампуле объемом 0,5 л, если в нее вместе с PbS_{ТВ} поместили 0,1 г свинца, полностью испаряющегося при температуре отжига 1000 К. Константа диссоциации PbS имеет вид $K_{PbS} = 2,65 \cdot 10^{10} \exp(-3,59 \text{эВ}/RT)$. Растворимость свинца и серы в PbS_{ТВ} считать пренебрежимо малой.

Задача 1.2

Кристаллический PbS при испарении полностью диссоциирует на Pb и S₂: $PbS_{ТВ} = Pb_{газ} + \frac{1}{2} S_{2\ газ}$. Рассчитайте P_{Pb} и P_{S₂} при изотермическом отжиге PbS_{ТВ} в герметичной ампуле объемом 0,5 л, если в нее вместе с PbS_{ТВ} поместили 0,1 г свинца, полностью испаряющегося при температуре отжига 1100 К. Константа диссоциации PbS имеет вид $K_{PbS} = 2,65 \cdot 10^{10} \exp(-3,59 \text{эВ}/RT)$. Растворимость свинца и серы в PbS_{ТВ} считать пренебрежимо малой.

Задача 1.3

Кристаллический PbS при испарении полностью диссоциирует на Pb и S₂: $PbS_{ТВ} = Pb_{газ} + \frac{1}{2} S_{2\ газ}$. Рассчитайте P_{Pb} и P_{S₂} при изотермическом отжиге PbS_{ТВ} в герметичной ампуле объемом 0,5 л, если в нее вместе с PbS_{ТВ} поместили 0,1 г свинца, полностью испаряющегося при температуре отжига 1200 К. Константа диссоциации PbS имеет вид $K_{PbS} = 2,65 \cdot 10^{10} \exp(-3,59 \text{эВ}/RT)$. Растворимость свинца и серы в PbS_{ТВ} считать пренебрежимо малой.

Задача 1.4

Кристаллический PbS при испарении полностью диссоциирует на Pb и S₂: $PbS_{ТВ} = Pb_{газ} + \frac{1}{2} S_{2\ газ}$. Рассчитайте P_{Pb} и P_{S₂} при изотермическом отжиге PbS_{ТВ} в герметичной ампуле объемом 0,2 л, если в нее вместе с PbS_{ТВ} поместили 0,1 г свинца, полностью испаряющегося при температуре отжига 1200 К. Константа диссоциации PbS имеет вид $K_{PbS} = 2,65 \cdot 10^{10} \exp(-3,59 \text{эВ}/RT)$. Растворимость свинца и серы в PbS_{ТВ} считать пренебрежимо малой.

Задача 1.5

Кристаллический PbS при испарении полностью диссоциирует на Pb и S₂: $PbS_{ТВ} = Pb_{газ} + \frac{1}{2} S_{2\ газ}$. Рассчитайте P_{Pb} и P_{S₂} при изотермическом отжиге PbS_{ТВ} в герметичной ампуле объемом 0,2 л, если в нее вместе с PbS_{ТВ} поместили 0,01 г свинца, полностью

испаряющегося при температуре отжига 1200 К. Константа диссоциации PbS имеет вид $K_{\text{PbS}} = 2,65 \cdot 10^{10} \exp(-3,59 \text{ эВ}/RT)$. Растворимость свинца и серы в PbS_{TB} считать пренебрежимо малой.

Вопрос 1.2.

Задача 2.1

Предложите механизм γ -нестехиометрии шпинели, если равновесный состав ее описывается формулой $0,34 \text{ MgO} \cdot 1,22 \text{ Al}_2\text{O}_3$.

Задача 2.2

Предложите механизм γ -нестехиометрии шпинели, если равновесный состав ее описывается формулой $0,43 \text{ NiO} \cdot 1,19 \text{ Al}_2\text{O}_3$.

Задача 2.3

Предложите механизм γ -нестехиометрии шпинели, если равновесный состав ее описывается формулой $0,25 \text{ ZnO} \cdot 1,25 \text{ Ga}_2\text{O}_3$.

Задача 2.4

Предложите механизм γ -нестехиометрии шпинели, если равновесный состав ее описывается формулой $0,37 \text{ CdO} \cdot 1,21 \text{ In}_2\text{O}_3$.

Задача 2.5

Предложите механизм γ -нестехиометрии шпинели, если равновесный состав ее описывается формулой $0,22 \text{ SrO} \cdot 1,26 \text{ In}_2\text{O}_3$.

Вопрос 1.3.

Задача 3.1

В нестехиометрическом оксиде лития $\text{Li}_{2+\delta}\text{O}$ обнаружены следующие виды дефектов: Li_i^\bullet , V_{Li}' , $\text{V}_{\text{O}}^{\bullet\bullet}$, e и h . Напишите квазихимические реакции, отображающие процессы образования указанных дефектов. Составьте уравнения: а) электронейтральности кристалла, заселенного этими дефектами; б) баланса узлов в различных подрешетках кристалла; в) баланса реальных частиц и квазичастиц. Напишите уравнение, описывающее связь между величиной отклонения от стехиометрии и суммарной концентрацией всех видов возникающих дефектов при нарушении стехиометрии в сторону недостатка кислорода.

Задача 3.2

В нестехиометрическом рутиле $\text{Ti}_{1+\delta}\text{O}_2$ обнаружены следующие виды дефектов: $\text{V}_{\text{O}}^{\bullet\bullet}$, $\text{Ti}_i^{\bullet\bullet\bullet}$, $\text{Ti}_i^{\bullet\bullet\bullet\bullet}$, e . 1) Напишите квазихимические реакции, отображающие процессы образования указанных дефектов; 2) Составьте уравнение электронейтральности кристалла, заселенного этими дефектами; 3) Составьте уравнения а) баланса узлов и б) баланса реальных и квазичастиц, в) величину отклонения от стехиометрии δ в кристалле с избытком титана.

Задача 3.3

В нестехиометрическом пятиоксиде ниобия $\text{Nb}_{2+\delta}\text{O}_5$ обнаружены следующие дефекты: $\text{V}_{\text{O}}^{\bullet\bullet}$, $\text{Nb}_i^{\bullet\bullet}$ и квазисвободные электроны. 1) Составьте возможные квазихимические реакции, описывающие возникновение этих дефектов; 2) Составьте уравнение электронейтральности; 3) Составьте уравнения а) баланса узлов, б) баланса реальных частиц и квазичастиц и в) величину отклонения от стехиометрии δ в кристалле с избытком ниобия.

Задача 3.4

В оксиде бериллия с нарушенной стехиометрией в сторону избытка бериллия обнаружены следующие дефекты: e , $V_{O\bullet}$, $V_{O\bullet\bullet}$, Be_i^\bullet . Напишите квазихимические реакции образования этих дефектов и условие электронейтральности кристалла. Выразите зависимость концентрации вакансий $V_{O\bullet}$ и $V_{O\bullet\bullet}$ как функцию давления кислорода. Составьте соотношение, отображающее эквивалентность разноразных узлов решетки нестехиометрического кристалла BeO .

Задача 3.5

Согласно данным Третьякова, нарушение стехиометрии $Ni_{0,926}Fe_{2,076}O_{4+\sigma}$ в сторону избытка кислорода в интервале температур 950 – 1050°C и давлений 0,1 – 10 мм рт.ст. описывается уравнением: $\sigma_{изб} = 1,27 \cdot 10^{-3} P_{O_2}^{2/3} \exp(11780 \pm 240 \text{ кал/RT})$. Определите: 1) Природу образующихся дефектов; 2) Константу дефектообразования как функцию температуры, вычислите ее значение при $T = 1250 \text{ К}$.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 8 баллов. Контрольная работа содержит 1 вопрос.

1. Вывести уравнения зависимостей концентрации всех заряженных дефектов в нестехиометрическом кристалле SrO от давления пара стронция и построить диаграмму Брауэра в координатах $\ln X = F(\ln P_{Sr})$, если известно, что в диапазоне давлений $P_{Sr} \approx P_{O_2}^{n/p}$. При расчете принять, что $K_{III} < K_i$ и дефекты термически ионизируются $V_{Sr} = V_{Sr} + h$ и $V_O = V_O + e$.

2. Вывести уравнения зависимостей концентрации всех заряженных дефектов в нестехиометрическом кристалле SrS от давления пара серы и построить диаграмму Брауэра в координатах $\ln X = F(\ln P_{S_2})$, если известно, что в диапазоне давлений $P_{Sr} \approx P_{S_2}^{n/p}$. При расчете принять, что $K_{III} < K_i$ и дефекты термически ионизируются $V_{Sr} = V_{Sr} + h$ и $V_S = V_S + e$.

3. Вывести уравнения зависимостей концентрации всех заряженных дефектов в нестехиометрическом кристалле CuO от давления пара меди и построить диаграмму Брауэра в координатах $\ln X = F(\ln P_{Cu})$, если известно, что в диапазоне давлений $P_{Cu} \approx P_{O_2}$ константа равновесия реакции $CuO_{кр} = Cu_i + V_{Cu}$ $K_{Фр} = const$. При расчете принять, что $K_{Фр} > K_i$ и дефекты термически ионизируются $Cu_i = Cu_i + e$ и $V_{Cu} = V_{Cu} + h$.

4. Вывести уравнения зависимостей концентрации всех заряженных дефектов в нестехиометрическом кристалле CuO от давления пара кислорода и построить диаграмму Брауэра в координатах $\ln X = F(\ln P_{O_2})$, если известно, что в диапазоне давлений $P_{Cu} \approx P_{O_2}$ константа равновесия реакции $CuO_{кр} = Cu_i + V_{Cu}$ $K_{Фр} = const$. При расчете принять, что $K_{Фр} > K_i$ и дефекты термически ионизируются $Cu_i = Cu_i + e$ и $V_{Cu} = V_{Cu} + h$.

5. Вывести уравнения зависимостей концентрации всех заряженных дефектов в нестехиометрическом кристалле $PbSe$ от давления пара свинца и построить диаграмму Брауэра в координатах $\ln X = F(\ln P_{Pb})$, если известно, что в диапазоне давлений $P_{Pb} \approx P_{Se_2}^{n/p}$. При расчете принять, что $K_{Фр} < K_i$ и дефекты термически ионизируются $Pb_i = Pb_i + e$ и $V_{Pb} = V_{Pb} + h$.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (5 семестр – зачет с оценкой). Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40 баллов.

Итоговый контроль проводится в форме устного опроса (зачет с оценкой). Билет для проведения зачета с оценкой содержит 2 вопроса. Ответы на вопросы билета оцениваются из 40 баллов (максимальная оценка) следующим образом: первый вопрос – максимально по 25 баллов, второй вопрос – максимально 15 баллов.

Примеры вопросов для проведения зачета с оценкой

1. Расчет концентраций тепловых дефектов в зависимости от температуры в однокомпонентных кристаллах.
2. Тепловой беспорядок в нестехиометрическом кристалле хлорида натрия
3. Классификация дефектов в кристаллах бинарных полупроводниковых соединений
4. Беспорядок в кристалле, обусловленный нарушениями стехиометрии.
5. Влияние температуры на концентрацию тепловых дефектов в однокомпонентных кристаллических соединениях.
6. Влияние температуры на концентрацию тепловых дефектов в двухкомпонентных кристаллических соединениях.
7. Экспериментальные методы определения концентрации тепловых дефектов.
8. Понятие идеального и реального кристалла.
9. Классификация дефектов структуры кристалла.
10. Квазихимические и статистические методы описания дефектов в кристаллах.
11. Нестехиометрия бинарных соединений.
12. Термодинамическая природа нестехиометрических фаз как твердых растворов избыточных компонентов в основном веществе.
13. Зависимость концентрации дефектов нестехиометрии от основных термодинамических параметров – давления и температуры.
14. Классификация дефектов нестехиометрии.
15. Беспорядок в кристалле, обусловленный нарушениями стехиометрии.
16. Влияние дефектов нестехиометрии на свойства кристаллов.
17. Аналитическое и графическое описание закономерностей, описывающих явления дефектообразования в кристаллах.
18. Концентрация дефектов как функция температуры в однокомпонентных кристаллах.
19. Отображение явлений нарушения стехиометрии на диаграммах состояния.
20. Собственные примеси в особо чистом кристалле стехиометрического состава.
21. Энергетика дефектов нестехиометрии.
22. Физико-химические основы методов регулирования уровня собственных примесей в таких кристаллах.
23. Нарушение стехиометрии в кристаллах химических соединений.
24. Проблемы получения бездислокационных кристаллов.
25. Термодинамический анализ причин, определяющих вид области гомогенности и ее положение на диаграмме состояния.
26. Расчетные методы определения основных термодинамических параметров дефектообразования $\Delta H_{\text{деф}}$, $\Delta S_{\text{деф}}$, $\Delta G_{\text{деф}}$.
27. Экспериментальные методы определения основных термодинамических параметров дефектообразования $\Delta H_{\text{деф}}$, $\Delta S_{\text{деф}}$, $\Delta G_{\text{деф}}$.
28. Зависимость концентрации тепловых дефектов от температуры в двухкомпонентных кристаллических соединениях.
29. Сопоставление квазихимических и статистических методов описания дефектов нестехиометрии.
30. Тепловой беспорядок в кристалле в однокомпонентном кристалле кремния.
31. Тепловой беспорядок в кристалле в трехкомпонентном кристалле форстерита.
32. Феноменологическая характеристика тепловых дефектов.
33. Влияние тепловых дефектов на структурно-чувствительные характеристики

двухкомпонентного кристалла.

Пример билета к зачету с оценкой

«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 электроники»
	Физическая химия реального кристалла
Билет № 1	
1. Классификация дефектов в кристаллах бинарных полупроводниковых соединений.	
2. Тепловой беспорядок в нестехиометрическом кристалле хлорида натрия.	

9 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Аветисов И.Х., Можевитина Е.Н., Петрова О.Б. Построение Р-Т-х диаграмм фазовых равновесий. Задачник. М.: РХТУ, 2014. 68 с.
2. Ковтуненко П.В. Физическая химия твердого тела. Кристаллы с дефектами.: учебник для хим.-технол. спец. М.: Высшая школа, 1993. 352 с.

Б) Дополнительная литература

1. Шаскольская М.П. Кристаллография: учеб.пособие для втузов.- 2-е изд., перераб.и доп. М.: Высшая школа, 1984. 376 с.
2. Антипов Б.Л., Сорокин В.С., Терехов В.А. Материалы электронной техники: Задачи и вопросы. Учеб. пособие для вузов по специальностям электронной техники. СПб.: Лань, 2001. 208 с.
3. Готтштайн Г. Физико-химические основы материаловедения. М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2011. 400 с.

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Рекламные материалы ведущих производителей кристаллов и материалов электронной техники.

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

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет

- <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://lcweb.loc.gov> - Библиотека Конгресса США
- <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека
- <http://www.intechopen.com/> - In Tech. Open Science
- <http://www.scirp.org/journal/Index.aspx> - Scientific research. Open Access
- <http://www.nanonewsnet.ru/> - Нанотехнологии Nano news net | Сайт о нанотехнологиях #1 в России
- <http://www.portalnano.ru/> - Нанотехнологии и наноматериалы. Федеральный интернет-портал
- <http://nano-portal.ru/> - Нано Портал - Нанотехнологии России
- <http://www.nanometer.ru/> - "Нанометр" - нанотехнологическое сообщество
- <http://www.nsknano.ru/> - Новосибирские Наноматериалы
- <http://plasma.karelia.ru/pub/nano-kurs/> - «Нано Технологии»
- <http://www.sciyo.com> - Welcome to Sciyo! Read, download & share more than 273 FREE SCIENTIFIC BOOKS
- <http://bookfi.org/g/> - BookFinder. Самая большая электронная библиотека рунета. Поиск книг и журналов
- <http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - Сайт ФИПС. Информация о патентах
- <http://abc-chemistry.org/ru/> - ABC-Chemistry: Бесплатная научная химическая информация
- http://www.twirpx.com/files/chidnustry/chemistry_tech/silicate/ - Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов
- <http://www.superhimik.com/forum.htm> - Золотые купола химии
- <http://www.centerprioritet.ru> – СМЦ «Приоритет» - техническая документация исследований (ИКСИ) – заказ литературы, русскоязычные издания
- <http://www.14000.ru> - Информационный сайт по системам экологического менеджмента, энерго- и ресурсоэффективным технологиям производства
- <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
- <http://findebookee.com/> - поисковая система по книгам

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 12, (общее число слайдов – 292);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 70);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 33).

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 01.01.2023 составляет 1 727 628 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 «Физическая химия реального кристалла» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы студента.

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:

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

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
<p>Раздел 1. Физическая химия реального кристалла</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - классификацию дефектов в кристаллических материалах; - методы определения концентраций равновесных и неравновесных дефектов; - основные типы нестехиометрических фаз; - основные закономерности влияния дефектов нестехиометрии на свойства кристаллов. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать квазихимическую теорию для описания процессов дефектообразования в кристаллах; - рассчитывать концентрацию различных типов дефектов из разнородных экспериментальных данных; - рассчитывать свойства кристаллов в зависимости от концентрации равновесных точечных дефектов. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений в области реальных кристаллов с дефектами; - навыками определения типов дефектов по разнородным экспериментальным данным; 	<p>Оценка за контрольные работы (5 семестр)</p> <p>Оценка за зачет с оценкой (5 семестр)</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - методами расчета концентрация тепловых дефектов и дефектов нестехиометрии; - методами определения термодинамических параметров равновесных точечных дефектов в кристаллах. 	
<p>Раздел 2. Собственные и несобственные примеси в реальном кристалле</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные типы нестехиометрических фаз; - основные закономерности влияния дефектов нестехиометрии на свойства кристаллов. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать квазихимическую теорию для описания процессов дефектообразования в кристаллах; - рассчитывать концентрацию различных типов дефектов из разнородных экспериментальных данных; - рассчитывать свойства кристаллов в зависимости от концентрации равновесных точечных дефектов. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений в области реальных кристаллов с дефектами; - навыками определения типов дефектов по разнородным экспериментальным данным; - методами расчета концентрация тепловых дефектов и дефектов нестехиометрии; - методами определения термодинамических параметров равновесных точечных дефектов в кристаллах. 	<p>Оценка за расчетную работу (5 семестр)</p> <p>Оценка за реферат (5 семестр)</p> <p>Оценка за зачет с оценкой (5 семестр)</p>

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
«Физическая химия реального кристалла»
основной образовательной программы**

18.03.01 «Химическая технология»

Профиль – «Химическая технология материалов электроники»

«Основная образовательная программа высшего образования – программа бакалавриата»

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»



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе


Ф.А. Колоколов

« 01 » 06 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Физическая электроника и электронные приборы»

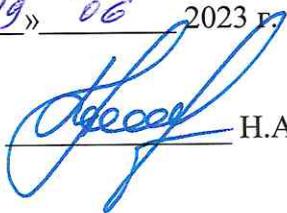
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
(Код и наименование направления подготовки)

Профиль подготовки – «Химическая технология материалов электроники»
(Наименование профиля подготовки)

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева

« 19 » 06 2023 г.

Председатель  Н.А. Макаров

Москва 2023

Программа составлена:

Профессором кафедры химии и технологии кристаллов, д.х.н., доцентом О.Б. Петровой

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

(Наименование кафедры)

«16» мая 2023 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 Химическая технология, профиль «Химическая технология материалов электроники»** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **химии и технологии кристаллов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 2 семестров.

Программа относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана, к блоку обязательных дисциплин (Б1.В.04). Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общей химии, математики, физики, физической химии, кристаллографии и кристаллооптики.

Цель дисциплины – изучение электронных процессов в твёрдых телах, а также в вакууме, газах, на границах раздела сред и принципов построения и работы электронных приборов различного назначения. Это одна из основных теоретических дисциплин специальности, ибо без знаний физики процессов в приборах невозможны сознательные и эффективные подходы к разработке и организации технологий в сфере производства изделий электронной техники.

Задачи дисциплины – формирование у студентов целостной картины электрических и оптических явлений, их взаимосвязи со структурой и составом материалов электронной техники, формирование широкого представления о принципах работы современных приборов электроники, квантовой электроники и фотоники.

Дисциплина «**Физическая электроника и электронные приборы**» преподается в 6 и 7 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				
<p>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.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство;</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-3. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования материалов и приборов электронной техники и наноэлектроники</p>	<p>ПК-3.1. Знает физико-химические основы работы приборов электронной техники, получения монокристаллов и материалов электроники и наноэлектроники.</p> <p>ПК-3.2. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и наноэлектроники</p> <p>ПК-3.3. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и наноэлектроники.</p>	<p>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.</p> <p>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,</p> <p>Обобщенная трудовая функция D. Техническая подготовка технологической базы производства приборов квантовой электроники и фотоники.</p> <p>D/04.6 Приведение функциональных возможностей оборудования в соответствие специфическим требованиям процессов нанотехнологии (уровень квалификации – б).</p>

				<p>Профессиональный стандарт 40.011 «СПЕЦИАЛИСТ ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИМ РАЗРАБОТКАМ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04 марта 2014 года N 121н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5 Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок (уровень квалификации – 5).</p> <p>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 июля 2014 года N 446н, Обобщенная трудовая функция D. Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий. D/02.6 Разработка технических требований к модернизации технологических линий с целью реализации концепции производства и оптимизации технологических процессов с учетом требований систем</p>
--	--	--	--	---

				менеджмента D/04.6 Разработка методик и техническое руководство экспериментальной проверкой технологических процессов и исследованием параметров наноструктурированных материалов (уровень квалификации – 6).
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- основы современных теорий электронных и оптических процессов.
- историю, современное состояние и перспективы развития электроники, а также материалов и изделий электронной техники;
- устройство, принцип работы, функциональные возможности и области применения основных представителей разных классов электронных приборов.

Уметь:

- рассчитать основные параметры полупроводников и p-n переходов.
- определять основные параметры светоизлучающих материалов и устройств.
- использовать стандартную терминологию, определения, обозначения и единицы физических величин в электронике;

Владеть:

- методами измерения параметров и характеристик электронных приборов, оценочных расчётов основных эксплуатационных характеристик.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего		Семестр			
			6 семестра		7 семестра	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	8	288	4	144	4	144
Контактная работа – аудиторные занятия:	4	128	2,5	80	1,5	48
в том числе в форме практической подготовки	0,5	12	0,25	6	0,25	6
Лекции	2	64	1	32	1	32
Практические занятия (ПЗ)	0,5	16	0,5	16	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	1,5	48	1	32	0,5	16
в том числе в форме практической подготовки	0,5	12	0,25	6	0,25	6
Самостоятельная работа	3	124	1,5	64	1,5	60
Контактная самостоятельная работа		0,4		0,4		-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	2,25	96,6	1,25	54,6	1	42
Домашняя работа	0,25	9	0,25	9	-	-
Реферат	0,5	18	-	-	0,5	18
Виды контроля:						
Зач. с оценкой			+			
Экзамен	1	36	-	-	1	36
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4			1	0,4
Подготовка к экзамену.		35,6				35,6
Вид итогового контроля:			Зач. с оценкой		Экзамен	

Вид учебной работы	Всего		Семестр			
			6 семестра		7 семестра	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	8	216	4	108	4	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	4	96	2,5	60	1,5	36
в том числе в форме практической подготовки	0,5	9	0,25	4,5	0,25	4,5

Лекции	2	48	1	24	1	24
Практические занятия (ПЗ)	0,5	12	0,5	12	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	1,5	36	1	24	0,5	12
в том числе в форме практической подготовки	0,5	9	0,25	4,5	0,25	4,5
Самостоятельная работа	3	93	1,5	48	1,5	45
Контактная самостоятельная работа		0,3		0,3		
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	2,25	72,45	1,25	40,95	1	31,5
Домашняя работа	0,25	6,75	0,25	6,75	-	-
Реферат	0,5	13,5	-	108	0,5	13,5
Виды контроля:						
Зач. с оценкой			+			
Экзамен	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	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лекции	Прак. Зан.	Лаб. работы	Сам. работа
1	Раздел 1. Электронные явления и приборы	144	32	16	32	64
1.1	Элементы зонной теории твердых тел	25	24	6	-	12
1.2	Электрические переходы	23	22	6	-	12
1.3	Полупроводниковые приборы	32	40	4	20	12
1.4	Электронные явления, обусловленные связанными электронами	22	32	-	12	12
1.5	Электронные процессы в газах и приборы на их основе	22	18	-	-	12
1.6	Начальные сведения по технике СВЧ	20	8	-	-	4
2	Раздел 2. Оптические явления, фотоника	108	32	-	16	60
2.1	Люминесценция	36	12	-	12	12
2.2	Лазеры	28	10	-	4	12
2.3	Распространение излучения в среде	20	6	-	-	14
2.4	Новые направления в электронике	26	4	-	-	22
	ИТОГО	252	64	16	48	124
	Экзамен	36				
	ИТОГО	288				

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Электронные явления и приборы

Введение. Предмет и область исследований курса Физической электроники. Темы курса.

1. Элементы зонной теории твердых тел

Образование зон. Зонные схемы проводников, полупроводников и диэлектриков. Статистика равновесных носителей тока. Уровень Ферми. Концентрация носителей тока в

собственном полупроводнике. Примесные уровни в кристалле. Зависимость положения уровня Ферми от концентрации примесей и от температуры. Неравновесные носители заряда в полупроводнике. Рассеяние энергии на тепловых колебаниях решетки, на заряженных дефектах, на нейтральных дефектах. Движение носителей заряда. Подвижность. Диффузия и дрейф. Искажение зон вблизи поверхности полупроводника.

2. Электрические переходы.

Образование p-n перехода. Свойства p-n перехода, прямой и обратный токи p-n перехода. механизмы пробоя p-n перехода: лавинный, туннельный, тепловой. Вольтамперная характеристика. Барьерная и диффузионная емкость электронно-дырочного перехода. Переходные процессы в p-n переходах. Изотипные и анизотипные гетеропереходы. Краткий обзор методов создания p-n перехода. Омические и выпрямляющие контакты.

3. Полупроводниковые приборы

Без p-n перехода (резисторы, фоторезисторы, терморезисторы, простейшие датчики Холла, варисторы). С 1 p-n переходом (диоды, фотодиоды, туннельные диоды, варикапы, стабилитроны, светодиоды, светодиоды с гетеропереходами, солнечные элементы). С 2 p-n переходами (биполярные транзисторы, полевые транзисторы, фототранзисторы). С 3 p-n переходами (тиристоры, фототиристоры). С большим числом p-n переходов (ПЗС-матрицы, интегральные схемы (классификация, пределы интеграции), элементы Пельтье).

4. Электронные явления, обусловленные связанными электронами: Диэлектрические материалы: виды поляризации в твердом теле. Сегнетоэлектрики, сегнетоэластики, электрострикционные материалы, пьезоэлектрики, пироэлектрики. Магнитные материалы: пара- и диамагнетики, ферро-, ферри -, и антиферромагнетики. Магнитомягкие и магнитотвердые материалы, магнитная запись информации. Сверхпроводники: явление сверхпроводимости, эффект Мейсснера, эффект Джозефсона, сверхпроводники I и II рода.

5. Электронные процессы в газах и приборы на их основе

Виды электронной эмиссии (термоэлектронная эмиссия, автоэлектронная эмиссия, фотоэлектронная эмиссия, вторичная электронная эмиссия). Ионизация и возбуждение в газах. Электрические разряды в газах (тлеющий, дуговой, коронный, искровой, высокочастотные разряды). Газоразрядные и люминесцентные лампы. ФЭУ. Электронно-оптические преобразователи.

6. Начальные сведения по технике СВЧ

Особенности СВЧ-диапазона. Модифицирование колебательного контура. Коаксиальный и объёмный резонаторы. Понятие распределённых параметров. Согласованная нагрузка. Короткозамкнутый шлейф. Коэффициенты бегущей волны (КБВ) и стоячей волны (КСВ). Волновод. Отражательный и пролетный клистроны. Лампа бегущей волны. Лампа обратной волны. Магнетрон.

Раздел 2. Оптические явления, фотоника

7. Люминесценция

Рекомбинационная и внутрицентровая люминесценция. Резонансный механизм передачи возбуждения. Взаимодействие мультиполей. Обменное взаимодействие. Центры рекомбинации. Модели излучательной рекомбинации. Кинетика внутрицентровой и рекомбинационной люминесценции. Тушение люминесценции.

8. Лазеры

Спонтанные и вынужденные переходы. Коэффициенты Эйнштейна. Инверсная заселенность. Основные части лазера. Классификация лазеров. Твердотельные лазеры (на

переходных активаторах, на РЗЭ активаторах, на центрах окраски, полупроводниковые лазеры). Лазеры на красителях. Газовые лазеры. Применение лазеров.

9. Распространение излучения в среде.

Показатели преломления. Отражение света. Волоконный световод. Виды рассеяния излучения: Рэлеевское рассеяние, рассеяние Ми, комбинационное рассеяние, рассеяние Мандельштама-Бриллюэна. Интерференция. Многослойные диэлектрические зеркала и полупрозрачные материалы.

10. Новые направления в электронике

Фотоника, оптоэлектроника. Проблемы и пределы кремниевой электроники. Нанoeлектроника. Спинтроника.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2
	Знать:			
1	- основы современных теорий электронных и оптических процессов.		+	+
2	- историю, современное состояние и перспективы развития электроники, а также материалов и изделий электронной техники;		+	+
3	- устройство, принцип работы, функциональные возможности и области применения основных представителей разных классов электронных приборов.		+	+
	Уметь:			
4	- рассчитать основные параметры полупроводников и p-n переходов.		+	
5	- определять основные параметры светоизлучающих материалов и устройств.			+
6	- использовать стандартную терминологию, определения, обозначения и единицы физических величин в электронике;		+	+
	Владеть:			
7	- методами измерения параметров и характеристик электронных приборов, оценочных расчётов основных эксплуатационных характеристик.		+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:				
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК		
8	ПК-3. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования материалов и приборов электронной техники и наноэлектроники	ПК-3.1. Знает физико-химические основы работы приборов электронной техники, получения монокристаллов и материалов электроники и наноэлектроники.	+	+
9		ПК-3.2. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и наноэлектроники	+	+
10		ПК-3.3. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и наноэлектроники.	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерный перечень практических занятий

№ пп	Раздел	Темы практических занятий	Часы
1	1.	Расчет концентрации носителей тока в собственных полупроводниках	3
2		Расчет концентрации носителей тока в примесных полупроводниках	3
3		Расчет концентрации носителей тока в частично скомпенсированных полупроводниках	3
4		Частные случаи задач определения концентрации носителей тока для кремния и германия	3
5		Расчет контактной разности потенциалов и ширины обедненного слоя р-п перехода в равновесном состоянии	2
6		Определение свойств р-п перехода при приложенном напряжении	2

6.2. Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине, а также дает знания о методиках определения характеристик электронных и оптических приборов.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 30 баллов в 6 семестре (максимально по 6 баллов за каждую работу) и 32 балла в 7 семестре (максимально по 8 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примерный перечень лабораторных занятий

№ пп	Раздел	Темы лабораторных занятий	Часы
1	1.	Изучение солнечного элемента.	6
2		Температурная зависимость диэлектрической проницаемости и тангенса диэлектрических потерь сегнетоэлектрика	7
3		Испытание магнитного материала	7
4		Изучение характеристик полупроводникового стабилитрона	6
5		Изучение источников освещенности	6
6	2.	Изучение релаксационных характеристик люминофоров	4
7		Изучение низковольтного катодолюминофора	4
8		Изучение характеристик лазерного излучения	4
9		Исследование спектра электронных ловушек методом термостимулированной люминесценции	4

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;
- выполнение домашней работы по тематике курса;
- 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;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике курса;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче экзамена (7 семестр), зачета (6 семестр) и лабораторного практикума (6 и 7 семестры) 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. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине в 6 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 экзамена (максимальная оценка 40 баллов).

8.1 Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Домашняя работа пишется в 6 семестре и охватывает темы раздела 1. При выполнении домашней работы студенты могут использовать как лекционный материал, так и литературные источники. Целью домашней работы является контроль усвоения материала и подготовка студентов к написанию контрольной работы.

Примерная тематика домашних работ:

1. Основные положения зонной теории. Образование зон.
2. Зонные схемы металлов, диэлектриков и полупроводников.
3. Механизм образования зон.
4. Уровень Ферми. Физический смысл. Применение в расчетах.
5. Генерация собственных носителей тока в полупроводнике.
6. Генерация примесных носителей тока в полупроводнике.
7. Зависимость электропроводности полупроводника от оптического облучения.
8. Основные и неосновные носители тока.

9. Дрейф и диффузия носителей тока в полупроводнике.
10. Рассеяние энергии носителей тока в полупроводниках.
11. Виды электрических переходов между полупроводниками, диэлектриками и металлами.
12. Свойства p-n перехода
13. Методы создания p-n перехода (сплавные – подробно)
14. Методы создания p-n перехода (диффузионные – подробно)
15. Методы создания p-n перехода (планарная технология – подробно)
16. Полупроводниковые приборы без p-n переходов. Резистор
17. Полупроводниковые приборы без p-n переходов. Фоторезистор
18. Полупроводниковые приборы без p-n переходов. Терморезистор
19. Полупроводниковые приборы без p-n переходов. Тензорезистор
20. Полупроводниковые приборы без p-n переходов. Варистор
21. Полупроводниковые приборы без p-n переходов. Датчик Холла
22. Полупроводниковые приборы без p-n переходов. Диод Ганна
23. Полупроводниковые приборы без p-n переходов. Диод Шоттки
24. Полупроводниковые приборы с одним p-n переходом. Диоды
25. Полупроводниковые приборы с одним p-n переходом. Фотодиоды
26. Полупроводниковые приборы с одним p-n переходом. Варикапы
27. Полупроводниковые приборы с одним p-n переходом. Стабилитроны.
28. Полупроводниковые приборы с одним p-n переходом. Туннельные диоды
29. Полупроводниковые приборы с одним p-n переходом. Светодиоды, светодиоды с гетеропереходами.
30. Полупроводниковые приборы с двумя p-n переходами. Биполярный транзистор.
31. Полупроводниковые приборы с двумя p-n переходами. Полевой транзистор.
32. Полупроводниковые приборы с двумя p-n переходами. Фототранзистор.
33. Полупроводниковые приборы с тремя p-n переходами. Тиристор, сравнение тиристора и варистора.
34. Полупроводниковые приборы с тремя p-n переходами. Тринистор, симистор, фототиристор.
35. Полупроводниковые приборы с большим числом p-n переходов. Интегральные схемы.
36. Полупроводниковые приборы с большим числом p-n переходов. Элементы Пельтье.
37. Полупроводниковые приборы с большим числом p-n переходов. Приборы с зарядовой связью
38. Понятия времени жизни носителей тока. Различие в движении носителей при дрейфовом и диффузионном механизме.
39. Неравновесные носители заряда.
40. Возникновение неравновесных носителей, рекомбинация, время жизни.
41. Движение носителей заряда при одновременном действии электрического поля и разницы в концентрации носителей.
42. Спектры поглощения и фотопроводимости полупроводников и диэлектриков.

Реферат пишется в 7 семестре по темам, охватывающим все разделы курса, но разобранным в лекционном курсе бегло. Студент может выполнить реферат по самостоятельно выбранной, но согласованной с преподавателем, теме.

Примерные темы рефератов:

1. Диоды Ганна, как источники СВЧ излучения
2. Приборы на основе электрооптического эффекта
3. Приборы на основе магнитооптического эффекта
4. Применение электрострикции и магнестрикции
5. Различные варианты приборов ночного видения
6. Полупроводниковые лазеры на гетеропереходах
7. Лазеры на основе иттрий-алюминиевого граната и преобразования второй гармоники
8. Полупроводниковые приборы с 4-мя p-n переходами
9. Силовые стабилитроны
10. Силовые диоды и транзисторы
11. Вакуумные стабилитроны
12. Логические элементы, микросхемные решения.
13. Приборы на основе сверхпроводимости
14. Приборы с зарядовой связью
15. СВЧ-лампы
16. СВЧ-полупроводники
17. Органические полупроводники
18. Органические люминофоры
19. Применение нанотрубок в электронике
20. Графен
21. Плазменные электронные приборы
22. Многослойные солнечные батареи на гетеропереходах с повышенным КПД.

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.

Примеры вопросов теста

Тест № 1. В некоторых заданиях может быть несколько правильных ответов, нужно выбрать все.

1. Чем определяется проводимость собственного полупроводника?	а	Шириной запрещенной зоны, температурой, эффективными массами электрона и дырки
	б	Шириной запрещенной зоны, температурой, эффективными массами электрона и дырки, подвижностями электрона и дырки
	в	Шириной запрещенной зоны, подвижностями электрона и дырки
	г	Шириной запрещенной зоны, эффективными массами электрона и дырки, подвижностями электрона и дырки
	д	Шириной запрещенной зоны, температурой, эффективными массами электрона и дырки.

2. Чем определяется концентрация электронов в собственном полупроводнике?	а	Шириной запрещенной зоны, температурой, эффективными массами электрона и дырки
	б	Шириной запрещенной зоны, температурой, эффективными массами электрона и дырки, подвижностями электрона и дырки
	в	Шириной запрещенной зоны, подвижностью электрона
	г	Шириной запрещенной зоны, эффективными

		массами электрона и дырки, подвижностями электрона и дырки
	д	Шириной запрещенной зоны, температурой, эффективной массой электрона

3. Проводимость собственного полупроводника по отношению к проводимости такого же полностью компенсированного полупроводника....	а	Меньше
	б	Равна
	в	Может быть как больше, так и меньше
	г	Больше
	д	Зависит от температуры

4. Уровень Ферми в примесном полупроводнике...	а	Меняется от температуры и может быть как в близи разрешенных зон, так и в близи середины запрещенной зоны
	б	При низкой температуре расположен ниже, а при высокой – выше середины запрещенной зоны
	в	При низкой температуре расположен выше, а при высокой – ниже середины запрещенной зоны
	г	Расположен по середине запрещенной зоны
	д	Всегда расположен в области уровней примеси

5. Уровень Ферми в металле...	а	Его там нет
	б	Расположен в запрещенной зоне
	в	Расположен в разрешенной зоне, соответствует потолку разрешенной зоны при $T = 0 \text{ K}$
	г	Расположен в разрешенной зоне, соответствует минимальной энергии электронов
	д	Расположен в разрешенной зоне, соответствует максимальной энергии электронов при $T = 0 \text{ K}$

6. Проводимость примесного полупроводника с ростом температуры...	а	Моноotonно растет
	б	Моноotonно падает
	в	Проходит через максимум
	г	Растет, выходит на насыщение, потом опять растет
	д	Растет, потом выходит на насыщение

7. Проводимость собственного полупроводника с ростом температуры...	а	Моноotonно растет
	б	Моноotonно падает
	в	Проходит через максимум
	г	Растет, выходит на насыщение, потом опять растет
	д	Растет, потом выходит на насыщение

8. Что может быть донорной примесью в Si?	а	Ge
	б	C
	в	B
	г	P
	д	Al

9. Что может быть акцепторной примесью в Ge?	а	Si
	б	C
	в	B
	г	P
	д	Al

10. Типичные значения ширины запрещенной зоны для полупроводников?	а	15 эВ
	б	0,15 эВ

	в	1-3 эВ
	г	0,1-10 эВ
	д	>10 эВ

11. Чем определяется рабочая область температур полупроводниковых приборов?	а	Температурой плавления полупроводника
	б	Температурой истощения примеси
	в	Температурой перехода к собственной проводимости
	г	Температурой истощения примеси и температурой перехода к собственной проводимости
	д	Температурой перехода к собственной проводимости и температурой плавления полупроводника

12. Вырожденный полупроводник – это...	а	Полупроводник, в котором поровну донорных и акцепторных примесей
	б	Полупроводник, в котором донорных примесей на порядок больше, чем акцепторных
	в	Полупроводник, в котором уровень Ферми приближается к разрешенным зонам ближе, чем на 2 кТ
	г	Полупроводник, в котором уровень Ферми приближается к середине запрещенной зоны ближе, чем на 2 кТ
	д	Сильнолегированный полупроводник

13. Что происходит с энергией ионизации при образовании кристалла из отдельных атомов?	а	Она растет
	б	Она падает
	в	Она не меняется
	г	Она зависит от характера связи
	д	Она зависит от кристаллической решетки

14. Какие факторы не приводят к генерации неравновесных носителей заряда?	а	Свет
	б	Сильные электрические поля
	в	Механические воздействия
	г	Температура
	д	Инжекция носителей

15. Что такое экситон?	а	Квазичастица. Связанные электроны
	б	Квазичастица. Связанные электрон и дырка
	в	Квазичастица. Связанные дырки
	г	Дефект кристаллической решетки
	д	Квазичастица. Связанный дефект решетки и электрон

16. Какой процесс дает вклад в поглощение, но не дает вклада в фотопроводимость?	а	Поглощение с донорного уровня
	б	Внутрицентровое поглощение
	в	Поглощение зона-зона
	г	Образование экситона
	д	Поглощение с остоного уровня

17. Будет ли прозрачен в видимом диапазоне кристалл с шириной запрещенной зоны 2 эВ?	а	Да
	б	Нет, только в УФ
	в	Нет, только в ИК
	г	Не во всем видимом диапазоне, только в красном
	д	Не во всем видимом диапазоне, только в синем и

		зеленом
18. Будет ли прозрачен в видимом диапазоне кристалл с шириной запрещенной зоны 1 эВ?	а	Да
	б	Нет, только в УФ
	в	Нет, только в ИК
	г	Не во всем видимом диапазоне, только в красном
	д	Не во всем видимом диапазоне, только в синем и зеленом
19. Будет ли прозрачен в видимом диапазоне кристалл с шириной запрещенной зоны 5 эВ?	а	Да
	б	Нет, только в УФ
	в	Нет, только в ИК
	г	Не во всем видимом диапазоне, только в красном
	д	Не во всем видимом диапазоне, только в синем и зеленом
20. Металлургическая граница р-п перехода это...	а	Физическая граница двух кристаллов
	б	Точка, где концентрации доноров и акцепторов равны
	в	Точка, где концентрации электронов и дырок равны
	г	Середина обедненного слоя
	д	Точка, где концентрация основных носителей начинает убывать
21. Равновесие р и п областей в р-п переходе изображается на зонных схемах...	а	Равенством положения дна зоны проводимости
	б	Равенством положения уровня Ферми
	в	Равенством положения потолка валентной зоны
	г	Равенством положения уровней доноров
	д	Равенством положения уровней акцепторов
22. Контакт металла с полупроводником может быть омическим...	а	Только если полупроводник р-типа
	б	Только если полупроводник п-типа
	в	Если у поверхности полупроводника образуется слой, обедненный основными носителями заряда
	г	Если у поверхности полупроводника образуется слой, обогащенный основными носителями заряда
	д	Если металл является хорошим проводником
23. Контакт металла с полупроводником может быть выпрямляющим...	а	Только если полупроводник р-типа
	б	Только если полупроводник п-типа
	в	Если у поверхности полупроводника образуется слой, обедненный основными носителями заряда
	г	Если у поверхности полупроводника образуется слой, обогащенный основными носителями заряда
	д	Если металл является хорошим проводником
24. Знаком n^+ обозначаются части электрических переходов...	а	Сильно легированные донорами
	б	Сильно легированные акцепторами
	в	Легированные и донорами, и акцепторами
	г	Легированные крупными ионами доноров
	д	Легированные донорами с большим зарядом
25. Основные проблемы сплавных методов получения р-п переходов?	а	Высокая температура плавления
	б	Невозможность получения маленьких приборов

	в	Сложность обработки поверхности
	г	Большое влияние точности ориентации кристаллов
	д	Плохая воспроизводимость

26. Знаком p^+ обозначаются части электрических переходов...	а	Сильно легированные донорами
	б	Сильно легированные акцепторами
	в	Легированные и донорами, и акцепторами
	г	Легированные крупными ионами акцепторов
	д	Легированные акцепторами с большим зарядом

27. Какие процессы можно наблюдать на вольт-амперной характеристике p-n перехода при обратном напряжении?	а	Ток неосновных носителей
	б	Обратимый пробой
	в	Ток основных носителей
	г	Необратимый пробой
	д	Никаких процессов нет, p-n переход закрыт

28. Какие процессы можно наблюдать на вольт-амперной характеристике p-n перехода при прямом напряжении?	а	Ток неосновных носителей
	б	Обратимый пробой
	в	Ток основных носителей
	г	Необратимый пробой
	д	Никаких процессов нет, p-n переход закрыт

29. От каких параметров зависит барьерная ёмкость p-n перехода?	а	Ширины запрещённой зоны, уровня легирования p и n областей, проводимости, диэлектрической проницаемости
	б	Ширины запрещённой зоны, уровня легирования p и n областей, проводимости, эффективных масс
	в	Концентрации основных и неосновных носителей, диэлектрической проницаемости, величины обратного напряжения
	г	Концентрации основных носителей, диэлектрической проницаемости, величины обратного напряжения
	д	Ширины запрещённой зоны, уровня легирования p и n областей, диэлектрической проницаемости, величины обратного напряжения

30. Какие процессы не участвуют в планарной технологии?	а	Нанесение фоторезиста
	б	Окисление поверхности
	в	Травление поверхности
	г	Рост эпитаксиальных слоев
	д	Диффузия примеси

Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 15 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, первый – 8 баллов, второй (задача) – 7 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1.

1. Виды поляризации твёрдых тел.
2. Зависимость диэлектрических потерь от частоты электромагнитного поля.
3. Физический смысл тангенса угла диэлектрических потерь.
4. Сегнетоэлектрики. Основные свойства.
5. Классы сегнетоэлектриков.
6. Типы сегнетоэлектрических фазовых переходов.

7. Примеры, свойства и практическое применение сегнетоэлектрических материалов, сегнетоэластиков и пьезоэлектриков.
8. Варикондные и сегнето-полупроводниковые (позисторные) материалы. Свойства, применение.
9. Сравнение вариконда и варикапа, влияние увеличения напряжения на каждый из этих приборов.
10. Пьезоэлектрический эффект и электрострикция. Примеры веществ.
11. Срезы кварца.
12. Величины, характеризующие излучательные и приёмные свойства пьезоэлектрических материалов.
13. Ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики. Особенности магнитного состояния, типичные свойства, примеры веществ.
14. Магнитомягкие и магнитотвердые материалы. Основные свойства, особенности петель гистерезиса.
15. Специальные магнитные материалы: эластичные магниты, магнитная запись информации, магнитная жидкость – области применения.
16. Принципы, на которых базируется зонная теория кристаллов. Образование зон.
17. Энергетические состояния электронов в идеальном кристалле.
18. Занятые и пустые зоны. Носители тока. Зонные модели металла, полупроводника и диэлектрика.
19. Определение понятия «полупроводник» (с учётом широкозонных полупроводников).
20. Проводимость кристаллов. Собственная и примесная проводимость.
21. Примесные энергетические уровни в запрещённой зоне полупроводника и их возможная химическая природа.
22. Виды генерации носителей тока. Генерация равновесных носителей тока в собственном полупроводнике.
23. Механизм собственной проводимости.
24. Расчёт величины проводимости.
25. Примесные полупроводники. Донорные и акцепторные примеси.
26. Зонные диаграммы полупроводников n- и p- типа. Положение уровня Ферми в них.
27. Основные и неосновные носители тока.
28. Основные понятия статистики электронов в твердом теле: функция распределения, функция плотности состояний.
29. Распределение электронов по энергиям в металле и собственном полупроводнике.
30. Уравнение электрической нейтральности.
31. Зависимость положения уровня Ферми от соотношения концентраций доноров и акцепторов и от температуры.
32. Вырожденные полупроводники.
33. Неравновесные носители тока. Оптическая генерация неравновесных носителей тока. Спектры поглощения и фотопроводимости. Экситоны. Изменение уровня Ферми в неравновесных условиях.
34. Виды электронных переходов. Зонная схема p-n перехода и гетероперехода.
35. Основные свойства p-n перехода. Металлургическая граница.
36. Контактная разность потенциалов, ее зависимость от уровня легирования и температуры.
37. Зонная схема p-n перехода. Методы создания p-n переходов. Явления на поверхности полупроводника.
38. Омические и выпрямляющие контакты.
39. Методы, подходящие для создания гетеропереходов.
40. Сверхпроводимость кристаллических материалов.
41. Взаимодействие сверхпроводника с магнитным полем.
42. Эффект Мейсснера.

43. Эффект Джозефсона.
44. Разрушение сверхпроводимости.
45. Термоэлектронная эмиссия. Природа энергетического барьера.
46. Катодные материалы. Холодная эмиссия.
47. Эффект Шоттки.
48. Эффект Ноттингема.
49. Вид ВАХ вакуумного диода и её интерпретация. Вакуумный триод.
50. Фотоэлектронная эмиссия. Основные законы. Фотокатоды.
51. Вакуумные фотоэлементы. Спектральная чувствительность фотоэлементов. Газонаполненные фотоэлементы.
52. Вторичная электронная эмиссия. Зависимость коэффициента вторичной эмиссии от энергии первичных электронов и угла их падения на эмиттер. ФЭУ.
53. Материалы катода и динодов ФЭУ. Применение вторичной электронной эмиссии в микроканальных пластинах.
54. Электрические разряды в газах. Закон Пашена. Закон Таунсенда.
55. Отличие тлеющего разряда на низких и высоких частотах. Безэлектродные разряды.
56. Передающие и показывающие телевизионные трубки. Принцип накопления заряда. Основное конструктивное отличие диссектора от супериконоскопа.
57. Различия между осциллографической трубкой и кинескопом. Основные части цветного кинескопа с теневой маской.
58. Модифицирование колебательного контура в СВЧ-диапазоне. Объемный резонатор, коаксиальный резонатор.
59. Линии передачи СВЧ-сигнала. Условия получения режима бегущей волны.
60. Отражательный клистрон.
61. Газоразрядные лампы: ртутные, ксеноновые, натриевые. Люминесцентные лампы.

Вопрос 1.2.

62. Дано: В собственном полупроводнике: Запрещённая зона - $W_g = 0,82 - 5 \cdot 10^{-4} \cdot T$ (эВ); Эффективные массы - $m_e^* = 0,5 m$; $m_h^* = 0,4 m$. Найти: Для температур $T_1=300$ К, $T_2=350$ К и $T_3=400$ К величины: W_g и величины концентраций собственных носителей тока. Построить график: $n_i = f(1/T)$.
63. Дано: В собственном полупроводнике: При температуре $T=300$ К, концентрация электронов в зоне проводимости $2 \cdot 10^{15}$. Эффективные массы - $m_e^* = 0,6 m$; $m_h^* = 0,45 m$ Найти: Найти ширину запрещенной зоны
64. Дано: В собственном полупроводнике: Запрещённая зона - $W_g = 0,7$ (эВ); При температуре $T=300$ К, концентрация электронов в зоне проводимости $3 \cdot 10^{15}$. Эффективная масса электрона - m_e^* в 1,5 раза больше массы дырки m_h^* Найти: Эффективные массы - m_e^* и m_h^*
65. Дано: В примесном полупроводнике: Запрещённая зона - $W_g = 0,82$ донорная примесь с: $W_d = 0,01$ (эВ) в концентрации $N_d = 2 \cdot 10^{14}$ (см⁻³). Эффективные массы - $m_e^* = 0,5 m$; $m_h^* = 0,4 m$ Найти: Для температуры $T_1=200$ К величины концентраций носителей тока.
66. Дано: В примесном полупроводнике: Запрещённая зона - $W_g = 0,84$ донорная примесь с: $W_d = 0,01$ (эВ) в концентрации $N_d = 2 \cdot 10^{14}$ (см⁻³). Эффективные массы - $m_e^* = 0,5 m$; $m_h^* = 0,4 m$ Найти: Для температуры $T_1=350$ К величины концентраций носителей тока.
67. Дано: В примесном полупроводнике: Запрещённая зона - $W_g = 0,8$ донорная примесь с: $W_d = 0,015$ (эВ) в концентрации $N_d = 3 \cdot 10^{14}$ (см⁻³). Найти: Для температуры $T_1=30$ К и $T_2=50$ К величины концентраций носителей тока.
68. Дано: В примесном полупроводнике: Запрещённая зона - $W_g = 0,85$ донорная примесь с: $W_d = 0,02$ (эВ) в концентрации $N_d = 10^{14}$ (см⁻³). Эффективные массы - $m_e^* = 0,5 m$; $m_h^* = 0,4 m$ Подвижность электронов $\mu_e = 3500$ см²·В⁻¹·с⁻¹ считать постоянной;

- $\mu_e/\mu_h = 3$ - считать неизменным. Найти: Для температуры $T_1=200$ К Величину электропроводности.
69. Дано: В примесном полупроводнике: Запрещённая зона - $W_g = 0,82$ эВ доновая примесь с: $W_a = 0,01$ (эВ) в концентрации $N_a = 2 \cdot 10^{14}$ (см⁻³). Эффективные массы - $m_e^* = 0,5 m$; $m_h^* = 0,4 m$ Найти: Для температуры $T_1=300$ К величины концентраций носителей тока.
70. Дано: В примесном полупроводнике: Запрещённая зона - $W_g = 0,8$ акцепторная примесь с: $W_a = 0,05$ (эВ) в концентрации $N_a = 10^{13}$ (см⁻³). Эффективные массы - $m_e^* = 0,5 m$; $m_h^* = 0,4 m$ Подвижность электронов $\mu_e = 3500$ см²·В⁻¹·с⁻¹ считать постоянной; $\mu_e/\mu_h = 3$ - считать неизменным. Найти: Для температуры $T_1=200$ К величину электропроводности.
71. Дано: В примесном полупроводнике: Запрещённая зона - $W_g = 0,8$ акцепторная примесь с: $W_a = 0,05$ (эВ) в концентрации $N_a = 10^{13}$ (см⁻³). Подвижность электронов $\mu_e = 3500$ см²·В⁻¹·с⁻¹ считать постоянной; $\mu_e/\mu_h = 3$ - считать неизменным. Найти: Для температуры $T_1=20$ К величину электропроводности.
72. Дано: В примесном полупроводнике: Запрещённая зона - $W_g = 0,9$ акцепторная примесь с: $W_a = 0,06$ (эВ) в концентрации $N_a = 10^{13}$ (см⁻³). Найти: Для температур $T_1=20$ К и $T_2=40$ К величины концентраций носителей тока.
73. Дано: В полупроводнике образован резкий p-n переход. $W_g = 0,9$ эВ, P-часть легирована акцепторной примесью с $W_a = 0,03$ (эВ) в концентрации $N_a = 10^{13}$ (см⁻³). N-часть легирована донорной примесью с $W_d = 0,01$ (эВ) в концентрации $N_d = 10^{14}$ (см⁻³). Эффективные массы - $m_e^* = 0,5 m$; $m_h^* = 0,4 m$ Найти: Для температуры $T=300$ К и найти концентрации электронов в обеих частях в отсутствии внешнего поля. Изобразить в масштабе зонную схему p-n перехода с указанием уровня Ферми.
74. Дано: В собственном полупроводнике: Запрещённая зона - $W_g = 0,89 - 5 \cdot 10^{-4} \cdot T$ (эВ); Эффективные массы - $m_e^* = 0,6 m$; $m_h^* = 0,55 m$ Найти: Для температур $T_1=350$ К, $T_2=400$ К и $T_3=450$ К величины: W_g и величины концентраций собственных носителей тока. Построить график: $n_i = f(1/T)$.
75. Дано: В собственном полупроводнике: При температуре $T=400$ К, концентрация электронов в зоне проводимости $3 \cdot 10^{15}$. Эффективные массы - $m_e^* = 0,6 m$; $m_h^* = 0,45 m$ Найти: Найти ширину запрещенной зоны
76. Дано: В собственном полупроводнике: Запрещённая зона - $W_g = 0,8$ (эВ); При температуре $T=350$ К, концентрация электронов в зоне проводимости $3 \cdot 10^{15}$. Эффективная масса электрона - m_e^* в 1,2 раза больше массы дырки m_h^* Найти: Эффективные массы - m_e^* и m_h^*
77. Дано: В примесном полупроводнике: Запрещённая зона - $W_g = 0,82$ эВ доновая примесь с: $W_d = 0,01$ (эВ) в концентрации $N_d = 2 \cdot 10^{14}$ (см⁻³). Эффективные массы - $m_e^* = 0,5 m$; $m_h^* = 0,4 m$ Найти: Для температуры $T_1=200$ К величины концентраций носителей тока.
78. Дано: В примесном полупроводнике: Запрещённая зона - $W_g = 0,9$ эВ доновая примесь с: $W_d = 0,02$ (эВ) в концентрации $N_d = 2 \cdot 10^{14}$ (см⁻³). Эффективные массы - $m_e^* = 0,5 m$; $m_h^* = 0,4 m$ Найти: Для температуры $T_1=300$ К величины концентраций носителей тока.
79. Дано: В примесном полупроводнике: Запрещённая зона - $W_g = 0,96$ эВ доновая примесь с: $W_d = 0,02$ (эВ) в концентрации $N_d = 1,3 \cdot 10^{14}$ (см⁻³). Эффективные массы - $m_e^* = 0,5 m$; $m_h^* = 0,4 m$ Подвижность электронов $\mu_e = 4000$ см²·В⁻¹·с⁻¹ считать постоянной; $\mu_e/\mu_h = 2$ - считать неизменным. Найти: Для температуры $T_1=200$ К Величину электропроводности.
80. Дано: В примесном полупроводнике: Запрещённая зона - $W_g = 0,72$ эВ доновая примесь с: $W_a = 0,01$ (эВ) в концентрации $N_a = 2 \cdot 10^{14}$ (см⁻³). Эффективные массы -

$m_e^* = 0,5 m$; $m_h^* = 0,4 m$ Найти: Для температуры $T_1=300$ К величины концентраций носителей тока.

81. Дано: В примесном полупроводнике: Запрещённая зона - $W_g = 0,9$ акцепторная примесь с: $W_a = 0,05$ (эВ) в концентрации $N_a = 1,3 \cdot 10^{13}$ (см⁻³). Эффективные массы - $m_e^* = 0,5 m$; $m_h^* = 0,4 m$ Подвижность электронов $\mu_e = 3500$ см²·В⁻¹·с⁻¹ считать постоянной; $\mu_e/\mu_h = 1,5$ - считать неизменным. Найти: Для температуры $T_1=250$ К величину электропроводности.
82. Дано: В собственном полупроводнике: Запрещённая зона - $W_g = 0,93 - 4 \cdot 10^{-4} \cdot T$ (эВ); Эффективные массы - $m_e^* = 0,6 m$; $m_h^* = 0,4 m$ Найти: Для температур $T_1=250$ К, $T_2=300$ К и $T_3=350$ К величины: W_g и величины концентраций собственных носителей тока. Построить график: $n_i = f(1/T)$.
83. Дано: В кристалле германия создан резкий p-n переход. $T = 350$ К $N_A = 10^{24}$ м⁻³, $N_D = 10^{22}$ м⁻³, $n_i = 2 \cdot 10^{22}$ м⁻³ Диэлектрическая проницаемость германия 16. Найти: Контактную разность потенциалов. Ширину обедненного слоя p-n перехода. Изобразить энергетическую схему p-n перехода.
84. Дано: В кристалле германия создан резкий p-n переход. $T = 250$ К $N_A = 10^{23}$ м⁻³, $N_D = 10^{24}$ м⁻³, $n_i = 9 \cdot 10^{21}$ м⁻³ Диэлектрическая проницаемость германия 16. Найти: Контактную разность потенциалов. Ширину обедненного слоя p-n перехода. Изобразить энергетическую схему p-n перехода.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 15 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 7,5 баллов за вопрос.

Вопрос 2.1.

1. Люминесценция как физическое явление. Примеры классификации люминофоров по различным признакам: характеру преобладающего процесса люминесценции; химической природе; назначению.
2. Рекомбинационная люминесценция. Типичные длины волн, соотношение между спектрами поглощения и люминесценции, кинетика. Прямые оптические переходы.
3. Внутрицентровая люминесценция. Типичные длины волн, соотношение между спектрами поглощения и люминесценции, кинетика. Модель колебаний осциллятора. Правило Стокса.
4. Рекомбинация носителей тока. Межзонная рекомбинация и рекомбинация через центры захвата. Три модели излучательной рекомбинации. Поверхностная рекомбинация
5. Резонансная передача энергии возбуждения. Сенсibilизаторы. Кулоновское взаимодействие. Обменное взаимодействие.
6. Особенности люминесценции при различном возбуждении (катодными лучами, рентгеновским светом).
7. Ширина спектральной линии люминесценции. Однородное уширение.
8. Ширина спектральной линии люминесценции. Неоднородное уширение.
9. Тушение люминесценции. Виды тушения, влияние температуры на разные виды тушения.
10. Преломление и отражение света. Явление Брюстера. Коэффициент отражения и пропускания. Просветляющие покрытия – принцип работы.
11. Преломление и отражение света. Явление Брюстера. Полное внутреннее отражение. Коэффициент отражения и пропускания. Многослойные зеркала – принцип работы.
12. Конструкция волоконного кабеля. Принцип работы. Основные параметры волоконного световода: потери на распространение и спектральная полоса пропускания.
13. Основные виды световодов. Метод получения световода.

14. Материалы, применяемые для создания световодов. Спектральная полоса пропускания световодов из разных материалов.
15. Рассеяние излучения. Упругое рассеяние - рассеяние Рэлея, Ми, Мандельштама-Бриллюэна, Рамана.
16. Рассеяние излучения. Неупругое рассеяние - Мандельштама-Бриллюэна, Рамана.
17. Нелинейнооптические процессы. Генерация второй гармоники, Условие фазового синхронизма
18. Нелинейнооптические процессы. Различие линейной и нелинейной оптики. Генерация суперконтинуума.
19. Принципы работы оптрона. Основные виды оптронов.

Вопрос 2.2.

20. Способы увеличения пропускной способности волоконных линий связи – спектральное уплотнение каналов, мультиплексирование.
21. Лазеры. Понятие об инверсии заселенности уровней. Процесс образования каскада фотонов при возникновении излучения.
22. Методы создания инверсии заселенности уровней. Оптическая накачка в трехуровневой системе на примере лазера на рубине.
23. Методы создания инверсии заселенности уровней. Оптическая накачка в четырехуровневой системе на примере лазера на неодимовом стекле.
24. Примеры классификации лазеров (не только по агрегатному состоянию рабочего тела!). Основные составляющие лазерной системы. Потери в лазере.
25. Спонтанные и вынужденные переходы. Коэффициенты Эйнштейна. Инверсная населенность. Создание гигантского импульса лазера.
26. Понятие моды излучения. Соотношение между шириной полосы люминесценции и лазерной генерации. Перестраиваемый по длине волны лазер.
27. Типы твердотельных лазеров. Принципы создания инверсной населенности (метод накачки), типичные длины волн генерации.
28. Типы газовых лазеров. Принципы создания инверсной населенности, типичные длины волн генерации.
29. Жидкостные лазеры. Принципы создания инверсной населенности, основные используемые вещества, устройство, типичные длины волн генерации. Понятие о синглетных и триплетных уровнях.
30. Светодиод и полупроводниковый лазер. Принципы работы, сравнение свойств и устройства.
31. Волоконный лазер. Устройство. Брэгговские решетки. Основные достоинства.
32. Иттербиевый волоконный. Устройство. Основные достоинства.
33. Применение лазерного излучения.
34. Лазерный гироскоп. Устройство. Принцип работы.
35. Голография как способ записи объемного изображения.
36. Методы создания инверсии заселенности уровней. Оптическая накачка в четырехуровневой системе на примере лазера на неодимовом стекле.
37. Спонтанные и вынужденные переходы. Коэффициенты Эйнштейна. Инверсная населенность. Создание гигантского импульса лазера.
38. Понятие моды излучения. Соотношение между шириной полосы люминесценции и лазерной генерации. Перестраиваемый по длине волны лазер.
39. Волоконный лазер. Устройство. Брэгговские решетки. Основные достоинства. Применяемые материалы рабочего тела.
40. Методы создания инверсии заселенности уровней. Оптическая накачка в трехуровневой системе на примере лазера на рубине. Причины невозможности оптической накачки в двухуровневой системе.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (6 семестр – зачет с оценкой, 7 семестр – экзамен). Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40 баллов, за экзамен – 40 баллов.

8.3.1 Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (6 семестр – зачет с оценкой). Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40 баллов

Итоговый контроль по разделу 1 проводится в форме зачета с оценкой. Билет для проведения зачета содержит 3 вопроса (первый вопрос – 15 баллов, второй вопрос – 10 баллов, третий (задача) – 15 баллов), максимальная оценка за опрос – 40 баллов. Вопросы соответствуют вопросам контрольной по разделу 1.

Пример билета к зачету с оценкой (раздел 1)

<p>«Утверждаю» Зав.кафедрой _____20__ И.Х. Аветисов _____</p>	<p>Министерство науки и высшего образования РФ</p>
	<p>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</p>
	<p>Кафедра химии и технологии кристаллов</p>
	<p>Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология Профиль «Химическая технология материалов электроники»</p>
	<p>Физическая электроника и электронные приборы</p>
<p>Билет № 1</p>	
<p>1. Фазовые переходы в диэлектрических кристаллах. Типы сегнетоэлектрических фазовых переходов. Примеры веществ. Применение сегнетоэлектриков.</p>	
<p>2. Полупроводниковые приборы с одним р-п переходом. Солнечные элементы, фотодиоды. Устройство, принцип работы, основные характеристики.</p>	
<p>3. В примесном полупроводнике запрещённая зона - $W_g = 0,82$ эВ, донорная примесь с: $W_D = 0,01$ эВ в концентрации $N_D = 2 \cdot 10^{14}$ см⁻³. Эффективные массы - $m_e^* = 0,5 m$; $m_h^* = 0,4 m$. Найти для температуры $T=200$ К величины концентраций носителей тока.</p>	

8.4 Структура и примеры билетов для экзамена (7 семестр)

Итоговый контроль по разделу 2 проводится в форме экзамена. Билет для проведения экзамена содержит 2 вопроса, максимальная оценка за каждый вопрос – 20 баллов. Общая оценка зачета складывается путем суммирования оценок за контрольную работу (максимум 15 баллов), реферат (максимум 13 баллов), защиту лабораторных работ (4 работы по 8 баллов, максимум 32 балла) и ответ на экзамене (максимум 40 баллов). Максимальная оценка по курсу – 100 баллов.

Пример билета к экзамену

<p>«Утверждаю» Зав.кафедрой _____20__ И.Х. Аветисов _____</p>	<p>Министерство науки и высшего образования РФ</p>
	<p>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</p>
	<p>Кафедра химии и технологии кристаллов</p>
	<p>Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология</p>

Билет № 1

1. Клистроны. Конструкции, принцип генерации СВЧ колебаний.
2. Методы создания инверсии заселенности уровней. Оптическая накачка в четырехуровневой системе на примере лазера на неодимовом стекле.

9 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Глазачев, А.В. Физические основы электроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Глазачев, В.П. Петрович. — Электрон. дан. — Томск : ТПУ, 2013. — 208 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/45131>. — Загл. с экрана.
2. Петрова О. Б., Степанова И. В. Физическая электроника и электронные приборы. Лабораторный практикум и пособие по решению задач: учеб. пособие. — М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2020. — 152 с.
3. Физическая электроника (полупроводники). Решение задач: учеб. пособие. Петрова О.Б. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2013 - 44 с.

Б) Дополнительная литература

1. Владимиров, Г.Г. Физическая электроника. Эмиссия и взаимодействие частиц с твердым телом [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.Г. Владимиров. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 368 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/38838>.
2. Василенко О.А. Оптические явления в твердом теле: конспект лекций: Учеб. пособие М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2004. — 136 с.
3. Савельев И.В. Курс общей физики. Изд.4, кн.2: Электроника, магнетизм, кн.4: Волны, оптика, кн.5: Квантовая оптика, физика твёрдого тела. М: Наука-Физматлит, 1998.М: Наука-Физматлит, 1998.
4. Терехов В.А. Задачник по электронным приборам: Учебное пособие. — Санкт-Петербург: Лань, 2003. — 276 с.
5. Борисенко, В. Е. Нанoeлектроника: учебное пособие / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, Е. А. Уткина. - М. : Бином, 2009. - 223 с.
6. Пасынков, В.В. Полупроводниковые приборы [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Пасынков, Л.К. Чиркин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 480 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/300>.

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

- Квантовая Электроника. ISSN 0368-7147.
- Оптика и спектроскопия ISSN 0030-4034
- Физика твердого тела. ISSN 0367-3294
- Оптический журнал. ISSN 1023-5086
- Современная электроника. (ООО "СТА-пресс")
- Компоненты и технологии ISSN 2079-6811
- Фотоника ISSN 1993-7296
- Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники ISSN 1609-3577
- Лазерная техника и оптоэлектроника
- Advanced optical materials ISSN 2195-1071
- Optical and quantum electronics ISSN 0306-8919
- Optical materials ISSN 0925-3467
- Applied physics B: Lasers and optics ISSN 0946-2171
- Laser physics ISSN 1054-660x
- Electronics letters ISSN 0013-5194
- Advanced materials for optics and electronics ISSN 1057-9257
- Advanced electronic materials ISSN 2199-160x
- Russian microelectronics ISSN 0098-6658

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет

- <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека
- <http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России
- <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека
- <http://lib.msu.su> - Научная библиотека Московского государственного университета
- <http://www.intechopen.com/> - In Tech. Open Science
- <http://www.scirp.org/journal/Index.aspx> - Scientific research. Open Access
- <http://bookfi.org/g/> - BookFinder. Самая большая электронная библиотека рунета. Поиск книг и журналов
- <http://www.portalnano.ru/> - Нанотехнологии и наноматериалы. Федеральный интернет-портал
- <http://nano-portal.ru/> - Нано Портал - Нанотехнологии России
- <http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - Сайт ФИПС. Информация о патентах
- <http://abc-chemistry.org/ru/> - ABC-Chemistry : Бесплатная научная химическая информация
- <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
- www.centerprioritet.ru – СМЦ «Приоритет» - техническая документация исследований (ИКСИ) – заказ литературы, русскоязычные издания
- <https://intellect.ml/category/electronica-i-fotonika> - Электроника и фотоника
- <http://www.laser-portal.ru> - Лазерный Портал

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 16, (общее число слайдов – 1094);
- комплекты образцов материалов и приборов электроники – 5;

- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 124);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 100).

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 01.01.2023 составляет 1 727 628 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 «Методы исследования материалов фотоники» проводятся в форме лекций, практических и лабораторных занятий и самостоятельной работы студента.

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.

Учебная лаборатория, оснащенная лабораторной мебелью, научным оборудованием для проведения лабораторных работ (стенды, харектереограф, феррограф, лазеры).

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

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса. Набор демонстрационных вакуумных электронных приборов (ЭЛТ, ФЭУ, вакуумные фотоэлементы) и ламп, образцы срезов кварца, лазерных материалов, люминофоров.

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. Электронные явления и приборы	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none">- основы современных теорий электронных и оптических процессов.- историю, современное состояние и перспективы развития электроники, а также материалов и изделий электронной техники;- устройство, принцип работы, функциональные возможности и области применения основных представителей разных классов электронных приборов. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none">- рассчитать основные параметры полупроводников и p-n переходов.- использовать стандартную терминологию, определения, обозначения и единицы физических величин в электронике; <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none">- методами измерения параметров и характеристик электронных	<p>Оценка за тест (6 семестр)</p> <p>Оценка за домашнюю работу (6 семестр)</p> <p>Оценка за контрольную работу (6 семестр)</p> <p>Оценка за лабораторные работы (5 шт.) (6 семестр)</p> <p>Оценка за зачет (6 семестр)</p>

	приборов, оценочных расчётов основных эксплуатационных характеристик.	
Раздел 2. Оптические явления, фотоника	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основы современных теорий электронных и оптических процессов. - историю, современное состояние и перспективы развития электроники, а также материалов и изделий электронной техники; - устройство, принцип работы, функциональные возможности и области применения основных представителей разных классов электронных приборов. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определять основные параметры светоизлучающих материалов и устройств. - использовать стандартную терминологию, определения, обозначения и единицы физических величин в электронике; <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами измерения параметров и характеристик электронных приборов, оценочных расчётов основных эксплуатационных характеристик. 	<p>Оценка за контрольную работу (7 семестр)</p> <p>Оценка за лабораторные работы (4 шт.) (7 семестр)</p> <p>Оценка за реферат (7 семестр)</p> <p>Оценка за экзамен (7 семестр)</p>

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
«Физическая электроника и электронные приборы»
основной образовательной программы**

18.03.01 «Химическая технология»

Профиль – «Химическая технология материалов электроники»

«Основная образовательная программа высшего образования – программа бакалавриата»

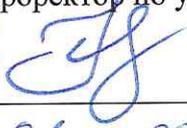
Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
2.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

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



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе


Ф.А. Колоколов

« 01 » 09 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Химическая технология технических монокристаллов»

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
(Код и наименование направления подготовки)

Профиль подготовки – «Химическая технология материалов электроники»
(Наименование профиля подготовки)

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
« 19 » 06 2023 г.

Председатель  Н.А. Макаров

Москва 2023

Программа составлена:
Профессором кафедры химии и технологии кристаллов, д.ф.-м.н. Волошиным А.Э.

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

(Наименование кафедры)

«16» мая 2023 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки бакалавров 18.03.01 Химическая технология, профиль «Химическая технология материалов электроники», в соответствии с рекомендациями Методической комиссии РХТУ им. Д.И. Менделеева и накопленным опытом преподавания дисциплин профиля на кафедре химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Программа относится к вариативной части учебного плана, к блоку дисциплин по выбору и рассчитана на изучение дисциплины в 8 семестре обучения. Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общей химии, математики, физики, физической химии, кристаллографии.

Цель дисциплины — подготовка конкурентоспособных специалистов для подразделений центров высоких технологий в области разработки и применения новых монокристаллических материалов.

Основные задачи:

- подготовить специалистов в области модифицирования свойств монокристаллов путем введения в их кристаллическую структуру легирующих примесей;
- подготовить специалистов в области эффективного управления технологическим процессом выращивания монокристаллов;
- подготовить специалистов в области разработки и проектирования новых методов выращивания монокристаллов и модернизации существующих базовых методов выращивания монокристаллов.

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				
<p>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.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство;</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-3. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники</p>	<p>ПК-3.3. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники.</p>	<p>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.</p> <p>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 D. Техническая подготовка технологической базы производства приборов квантовой электроники и фотоники.</p> <p>D/04.6 Приведение функциональных возможностей оборудования в соответствии с конкретными требованиями процессов нанотехнологии (уровень квалификации – б).</p> <p>Профессиональный стандарт 40.011 «СПЕЦИАЛИСТ ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИМ РАЗРАБОТКАМ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04 марта 2014 года N 121н,</p>

				<p>Обобщенная трудовая функция</p> <p>А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы.</p> <p>А/02.5 Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок (уровень квалификации – 5).</p> <p>Профессиональный стандарт 40.037 «СПЕЦИАЛИСТ ПО РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРИБОРОВ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И ФОТНИКИ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10 июля 2014 года N 446н,</p> <p>Обобщенная трудовая функция</p> <p>Д. Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий.</p> <p>Д/02.6 Разработка технических требований к модернизации технологических линий с целью реализации концепции производства и оптимизации технологических процессов с учетом требований систем менеджмента</p> <p>Д/04.6 Разработка методик и техническое руководство экспериментальной проверкой технологических процессов и исследованием параметров наноструктурированных материалов (уровень квалификации – 6).</p>
Технологический 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 сфере организации и проведения научно-	ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции	<p>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.</p> <p>Профессиональный стандарт 26.017 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПОДГОТОВКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НАУЧНО-</p>

<p>техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.</p>	<p>исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>продукции, осуществлять оценку результатов анализ</p>	<p>ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты.</p> <p>ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом.</p>	<p>ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ PVD-ПОКРЫТИЙ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 августа 2017 г. N 644н, Обобщенная трудовая функция С. Организация производственного процесса нанесения наноструктурированного PVD-покрытия. С/05.6. Контроль соблюдения технологических процессов на участке PVD-покрытий (уровень квалификации – 6).</p> <p>Профессиональный стандарт 40.037 «СПЕЦИАЛИСТ ПО РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРИБОРОВ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И ФОТНИКИ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10 июля 2014 года N 446н, Обобщенная трудовая функция D. Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий. D/02.6 Разработка технических требований к модернизации технологических линий с целью реализации концепции производства и оптимизации технологических процессов с учетом требований систем менеджмента D/04.6 Разработка методик и техническое руководство экспериментальной проверкой технологических процессов и исследованием параметров наноструктурированных материалов (уровень квалификации – 6).</p>
<p>Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство; Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и</p>	<p>ПК-4. Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники</p>	<p>ПК-4.1. Знает технологическое оборудование для производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники и правила его эксплуатации</p> <p>ПК-4.2. Умеет подбирать</p>	<p>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.</p> <p>Профессиональный стандарт 26.017 «СПЕЦИАЛИСТ</p>

<p>характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.</p>	<p>проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>		<p>технологические параметры процесса производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники</p>	<p>ПО ПОДГОТОВКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ PVD-ПОКРЫТИЙ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 августа 2017 г. N 644н, Обобщенная трудовая функция С. Организация производственного процесса нанесения наноструктурированного PVD-покрытия. С/05.6. Контроль соблюдения технологических процессов на участке PVD-покрытий (уровень квалификации – 6).</p> <p>Профессиональный стандарт 29.002 «СПЕЦИАЛИСТ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ПРИБОРОВ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И ФОТНИКИ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. N 598н, Обобщенная трудовая функция D. Техническая подготовка технологической базы производства приборов квантовой электроники и фотоники. D/04.6 Приведение функциональных возможностей оборудования в соответствие специфическим требованиям процессов нанотехнологии (уровень квалификации – 6).</p> <p>Профессиональный стандарт 40.011 «СПЕЦИАЛИСТ ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИМ РАЗРАБОТКАМ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04 марта 2014 года N 121н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5 Осуществление выполнения экспериментов и</p>
---	--	--	--	--

				оформления результатов исследований и разработок (уровень квалификации – 5).
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- методы введения легирующих микропримесей в монокристаллы;
- основные виды структур и процессов в кристаллизационных средах.

Уметь:

- конструировать структуру и состав легированных монокристаллов;
- анализировать процессы, проходящие в кристаллизационных средах;
- проектировать логику питания растущего монокристалла;

Владеть:

- навыками конструирования легированных монокристаллов;
- навыками анализа структур и процессов в кристаллизационных средах.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Дисциплина изучается в 8 семестре бакалавриата на базе знаний, полученных студентами на первых курсах. Контроль освоения студентами материала дисциплины осуществляется путем проведения экзамена.

Виды учебной работы	Всего		
	Зач. ед.	Ак. час.	Астр. час.
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,8	64	48
Лекции (Лек)	0,9	32	24
Лабораторные занятия (ЛЗ)	0,9	32	24
Практические занятия (ПЗ)	-	-	-
Самостоятельная работа (СР):	0,2	8	6
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0,2	8	6
Виды контроля:			
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация		0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Раздел	Название раздела	Академ. часов				
		Всего	Лек-ции	Практ. занят.	Лаб. работы	Сам. работа
1.	Динамика примесного состава и виды массопереноса в процессах роста кристаллов	16	16	-	18	4
2.	Методы выращивания монокристаллов	46	16	-	14	4
	Экзамен	36		-		
	ИТОГО	108	32	-	32	8

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Динамика примесного состава и виды массопереноса в процессах роста кристаллов

1. Виды микропримесей в монокристаллах. Дискретные уровни чистоты микропримесей кристаллов как важнейший критерий оценки их качества.
2. Равновесный коэффициент распределения микропримесей в системе кристалл-кристаллизационная среда.
3. Неравновесный коэффициент распределения микропримесей в системе кристалл-кристаллизационная среда. Вывод зависимости между равновесным и неравновесным коэффициентом распределения микропримесей в системе кристалл-кристаллизационная среда.
4. Динамика примесного состава кристалла растущего в ограниченной кристаллизационной среде с запасом кристаллизуемого вещества. Зависимость предельной кристаллизационной доли (отношение числа молей выросшего кристалла к числу молей кристаллизационной среды) от дискретного уровня требуемой чистоты и неравновесного коэффициента распределения примесей.
5. Динамика примесного состава кристалла растущего в ограниченной кристаллизационной среде без запаса кристаллизуемого вещества. Зависимость предельной кристаллизационной доли (отношение числа молей выросшего кристалла к числу молей кристаллизационной среды) от дискретного уровня требуемой чистоты и неравновесного коэффициента распределения примесей. Уравнение Шейла-Пранна.
6. Кристаллохимическое конструирование легированных монокристаллов. Компенсирующие легаторы. Легированные монокристаллы с упорядоченными и разупорядоченными подрешетками.
7. Виды гомогенных кристаллизационных сред.
8. Виды гетерогенных кристаллизационных сред и их преимущество по отношению к гомогенным.
9. Виды конвективного массопереноса в кристаллизационных средах.
10. Гравитационная тепловая конвекция в кристаллизационных средах. Критерии Релея, Грасгофа и Прандтля, характеризующие этот вид конвекции.
11. Гравитационная концентрационная конвекция в кристаллизационных средах. Концентрационные критерии Релея, Грасгофа и Прандтля, характеризующие этот вид конвекции.
12. Термокапиллярная конвекция в кристаллизационных средах. Критерий Марангони, характеризующий этот вид конвекции.
13. Концентрационно-капиллярная конвекция в кристаллизационных средах. Концентрационный критерий Марангони, характеризующий этот вид конвекции.
14. Взаимодействие различных видов конвекции в кристаллизационных средах.

Раздел 2. Методы выращивания монокристаллов

15. Выращивание монокристаллов в гелях как пример метода выращивания монокристаллов со сложной (не примитивной) топологией кристаллизационных сред.
16. Метод ПЖК (пар-жидкость-кристалл) как пример метода выращивания монокристаллов со сложной (не примитивной) топологией кристаллизационных сред.
17. Представление топологии кристаллизационных сред с помощью графов. Универсальное кодирование графов.
18. Метод выращивания монокристаллов в растворах в условиях температурного перепада как пример метода выращивания монокристаллов со

- сложной (не примитивной) топологией кристаллизационных сред. Представление этой топологии с помощью графа. Варианты (способы) этого метода.
19. Метод выращивания монокристаллов в растворах в условиях испарения растворителя как пример метода выращивания монокристаллов со сложной (не примитивной) топологией кристаллизационных сред. Представление этой топологии с помощью графа. Варианты (способы) этого метода.
 20. Метод выращивания монокристаллов в растворах без запаса кристаллизуемого вещества как пример метода выращивания монокристаллов с примитивной топологией кристаллизационных сред. Представление этой топологии с помощью графа. Варианты (способы) этого метода: спонтанная кристаллизация в растворе-расплаве, кристаллизация в растворе-расплаве с локальной областью охлаждения контейнера.
 21. Метод выращивания монокристаллов испарением растворителя в условиях диффузионной «конвекции».
 22. Метод выращивания монокристаллов испарением растворителя в условиях конвекции Марангони.
 23. Метод зонной кристаллизации в растворе-расплаве. Граф топологии этого метода.
 24. Выращивание монокристаллов методом Чохральского. Граф топологии этого метода. Варианты (способы) этого метода.
 25. Лабораторные работы. Выращивание монокристаллов из расплавов, растворов-расплавов и водных растворов.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2
	Знать:			
1	– методы введения легирующих микропримесей в монокристаллы;		+	
2	– основные виды структур и процессов в кристаллизационных средах.			+
	Уметь:			
3	– конструировать структуру и состав легированных монокристаллов;		+	
4	– анализировать процессы, проходящие в кристаллизационных средах;			+
5	– проектировать логистику питания растущего монокристалла;			+
	Владеть:			
6	– навыками конструирования легированных монокристаллов;		+	
7	– навыками анализа структур и процессов в кристаллизационных средах.			+
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-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции	+	+
9		ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты.	+	+
10		ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом.	+	+
11	ПК-3. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники	ПК-3.3. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники.	+	+
12	ПК-4. Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники	ПК-4.1. Знает технологическое оборудование для производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники и правила его эксплуатации	+	+
13		ПК-4.2. Умеет подбирать технологические параметры процесса производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 18.03.01 Химическая технология, профиль «Химическая технология материалов электроники» не предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине «Химическая технология технических монокристаллов».

6.2. Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине, а также дает знания о методиках формирования и исследования характеристик материалов и гетероструктур.

Лабораторный практикум по дисциплине «Химическая технология технических монокристаллов» выполняется в соответствии с Учебным планом в 8 семестре и занимает 32 акад. ч. Лабораторные работы охватывают все разделы дисциплины. В практикум входит 5 работ, по 6-7 ч на каждую работу. В зависимости от трудоемкости включенных в практикум работ их число может быть уменьшено. Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Химическая технология технических монокристаллов», а также дает знания о методиках формирования тонкопленочных структур и исследования их характеристик.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 25 баллов (максимально по 5 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ

№ п/п	Раздел	Наименование лабораторных работ	Часы
1.	1	Выращивание кристалла $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ из водного раствора методом снижения температуры	6
2.	1	Выращивание кристаллов многокомпонентных фторидов из расплава методом вертикальной направленной кристаллизации	6
3.	1	Получение люминесцентных фторидных апконвертирующих наночастиц, легированных ионами редкоземельных элементов, для фотонных приложений	6
4.	2	Выращивание кристаллов антрацена из раствора	7
5.	2	Выращивание кристаллов антрацена из паровой фазы	7

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины «Химическая технология технических монокристаллов» предусмотрена самостоятельная работа студента в объеме 80 акад. час., в том числе самостоятельное изучение разделов дисциплины и выполнение домашних заданий в объеме 60 акад. час. подготовку реферата в объеме 20 акад. час.

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

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- подготовку к выполнению лабораторных работ по тематике дисциплины;

- подготовку реферата по тематике дисциплины на основе проработки рекомендованной литературы и работы с электронно-библиотечными системами;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к сдаче экзамена.

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

8.1. Примерная тематика рефератов

Реферат оценивается из 15 баллов

1. Закономерности формирования примесного состава в монокристаллах кремния, выращиваемых методом Чохральского.
2. Закономерности формирования примесного состава в монокристаллах германия, выращиваемых методом Чохральского.
3. Выращивание монокристаллов кремния методом Чохральского с запасом кристаллизуемого вещества (обзор патентной информации).
4. Выращивание монокристаллов двойных вольфраматов щелочного металла (M) и редкоземельных элементов (R) $MR(WO_4)_2$ методом Чохральского.
5. Выращивание монокристаллов двойных молибдата щелочного металла (M) и редкоземельных элементов (R) $MR(MoO_4)_2$ методом Чохральского.
6. Выращивание монокристаллов рубина методом Вернейля.
7. Выращивание монокристаллов сапфира методом Киропулоса.
8. Выращивание профилированных монокристаллов ниобата лития методом Степанова.
9. Выращивание монокристаллов ниобата лития методом Чохральского.
10. Выращивание монокристаллов иттрий-алюминиевого граната методом кристаллизации в растворе-расплаве.
11. Выращивание монокристаллов вольфрама в дуговом разряде.
12. Выращивание монокристаллов молибдена в дуговом разряде.
13. Выращивание монокристаллов дигидрофосфата калия кристаллизацией в водных растворах.
14. Выращивание монокристаллов кварца гидротермальным методом.
15. Выращивание алмазных пленок методами CVD.
16. Выращивание монокристаллов карбида кремния методом кристаллизации в газовой фазе.
17. Выращивание монокристаллов в гелях.
18. Выращивание монокристаллов металлов кристаллизацией в твердой фазе.
19. Выращивание монокристаллов аргона направленной кристаллизацией.
20. Выращивание монокристаллов иодида натрия методом Бриджмена.
21. Выращивание кристаллов галогенидов методом Бриджмена.
22. Выращивание монокристаллов сапфиров методом Багдасарова.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Текущий контроль освоения дисциплины проводится в форме письменной контрольной работы. Билет контрольной работы содержит два вопроса. Максимальная оценка за этот вопрос — 10 баллов. Максимальная оценка здесь составляет максимум 20 баллов.

Раздел 1. Вопрос №1:

1. Виды микропримесей в монокристаллах. Дискретные уровни чистоты микропримесей кристаллов как важнейший критерий оценки их качества.
2. Равновесный коэффициент распределения микропримесей в системе кристалл-кристаллизационная среда.
3. Неравновесный коэффициент распределения микропримесей в системе кристалл-кристаллизационная среда. Вывод зависимости между равновесным и неравновесным коэффициентом распределения микропримесей в системе кристалл-кристаллизационная среда.
4. Динамика примесного состава кристалла растущего в ограниченной кристаллизационной среде с запасом кристаллизующего вещества. Зависимость предельной кристаллизационной доли (отношение числа молей выросшего кристалла к числу молей кристаллизационной среды) от дискретного уровня требуемой чистоты и неравновесного коэффициента распределения примесей.
5. Динамика примесного состава кристалла растущего в ограниченной кристаллизационной среде без запаса кристаллизующего вещества. Зависимость предельной кристаллизационной доли (отношение числа молей выросшего кристалла к числу молей кристаллизационной среды) от дискретного уровня требуемой чистоты и неравновесного коэффициента распределения примесей. Уравнение Шейла-Пранна.
6. Кристаллохимическое конструирование легированных монокристаллов. Компенсирующие легаторы. Легированные монокристаллы с упорядоченными и разупорядоченными подрешетками.
7. Виды гомогенных кристаллизационных сред.
8. Виды гетерогенных кристаллизационных сред и их преимущество по отношению к гомогенным.
9. Виды конвективного массопереноса в кристаллизационных средах.
10. Гравитационная тепловая конвекция в кристаллизационных средах. Критерии Релея, Грасгофа и Прандтля, характеризующие этот вид конвекции.
11. Гравитационная концентрационная конвекция в кристаллизационных средах. Концентрационные критерии Релея, Грасгофа и Прандтля, характеризующие этот вид конвекции.
12. Термокапиллярная конвекция в кристаллизационных средах. Критерий Марангони, характеризующий этот вид конвекции.
13. Концентрационно-капиллярная конвекция в кристаллизационных средах. Концентрационный критерий Марангони, характеризующий этот вид конвекции.
14. Взаимодействие различных видов конвекции в кристаллизационных средах.

Раздел 2. Вопрос №2:

1. Выращивание монокристаллов в гелях как пример метода выращивания монокристаллов со сложной (не примитивной) топологией кристаллизационных сред.
2. Метод ПЖК (пар-жидкость-кристалл) как пример метода выращивания монокристаллов со сложной (не примитивной) топологией кристаллизационных сред.
3. Представление топологии кристаллизационных сред с помощью графов. Универсальное кодирование графов.
4. Метод выращивания монокристаллов в растворах в условиях температурного перепада как пример метода выращивания монокристаллов со сложной (не примитивной)

топологией кристаллизационных сред. Представление этой топологии с помощью графа. Варианты (способы) этого метода.

5. Метод выращивания монокристаллов в растворах в условиях испарения растворителя как пример метода выращивания монокристаллов со сложной (не примитивной) топологией кристаллизационных сред. Представление этой топологии с помощью графа. Варианты (способы) этого метода.

6. Метод выращивания монокристаллов в растворах без запаса кристаллизуемого вещества как пример метода выращивания монокристаллов с примитивной топологией кристаллизационных сред. Представление этой топологии с помощью графа. Варианты (способы) этого метода: спонтанная кристаллизация в растворе-расплаве, кристаллизация в растворе-расплаве с локальной областью охлаждения контейнера.

7. Метод выращивания монокристаллов испарением растворителя в условиях диффузионной «конвекции».

8. Метод выращивания монокристаллов испарением растворителя в условиях конвекции Марангони.

9. Метод зонной кристаллизации в растворе-расплаве. Граф топологии этого метода.

10. Выращивание монокристаллов методом Чохральского. Граф топологии этого метода. Варианты (способы) этого метода.

8.3 Примеры контрольных вопросов для контроля освоения дисциплины на экзамене

Итоговый контроль проводится в форме устного экзамена. Билет для проведения экзамена содержит 2 вопроса. Максимальная оценка за каждый вопрос – 20 баллов. Общая оценка складывается путем суммирования оценок за контрольную работу (максимум 20 баллов), реферата (15 баллов), защиты лабораторных работ (25 баллов) и за ответ на экзамене (максимум 40 баллов). Максимальная итоговая оценка – 100 баллов.

Примеры контрольных вопросов

1. Виды микропримесей в монокристаллах.
2. Дискретные уровни чистоты микропримесей кристаллов как важнейший критерий оценки их качества.
3. Равновесный коэффициент распределения микропримесей в системе кристалл-кристаллизационная среда.
4. Неравновесный коэффициент распределения микропримесей в системе кристалл-кристаллизационная среда.
5. Вывод зависимости между равновесным и неравновесным коэффициентом распределения микропримесей в системе кристалл-кристаллизационная среда.
6. Динамика примесного состава кристалла растущего в ограниченной кристаллизационной среде с запасом кристаллизуемого вещества.
7. Зависимость предельной кристаллизационной доли (отношение числа молей выросшего кристалла к числу молей кристаллизационной среды) от дискретного уровня требуемой чистоты и неравновесного коэффициента распределения примесей.
8. Динамика примесного состава кристалла растущего в ограниченной кристаллизационной среде без запаса кристаллизуемого вещества.
9. Зависимость предельной кристаллизационной доли (отношение числа молей выросшего кристалла к числу молей кристаллизационной среды) от дискретного уровня требуемой чистоты и неравновесного коэффициента распределения примесей. Уравнение Шейла-Пранна.
10. Кристаллохимическое конструирование легированных монокристаллов. Компенсирующие легаторы.

11. Легированные монокристаллы с упорядоченными и разупорядоченными подрешетками.
12. Виды гомогенных кристаллизационных сред.
13. Виды гетерогенных кристаллизационных сред и их преимущество по отношению к гомогенным.
14. Виды конвективного массопереноса в кристаллизационных средах.
15. Гравитационная тепловая конвекция в кристаллизационных средах.
16. Критерии Релея, Грасгофа и Прандтля, характеризующие гравитационную тепловую конвекцию.
17. Гравитационная концентрационная конвекция в кристаллизационных средах.
18. Концентрационные критерии Релея, Грасгофа и Прандтля, характеризующие гравитационную концентрационную конвекцию.
19. Термокапиллярная конвекция в кристаллизационных средах.
20. Критерий Марангони, характеризующий термокапиллярную конвекцию.
21. Концентрационно-капиллярная конвекция в кристаллизационных средах.
22. Концентрационный критерий Марангони, характеризующий концентрационно-капиллярную конвекцию.
23. Взаимодействие различных видов конвекции в кристаллизационных средах.
24. Выращивание монокристаллов в гелях.
25. Топология кристаллизационных сред при выращивании монокристаллов в гелях.
26. Метод ПЖК (пар-жидкость-кристалл).
27. Топология кристаллизационных сред при кристаллизации методом ПЖК.
28. Представление топологии кристаллизационных сред с помощью графов.
29. Универсальное кодирование графовтопологии кристаллизационных сред.
30. Метод выращивания монокристаллов в растворах в условиях температурного перепада.
31. Представление топологии метода выращивания кристаллов в растворах в условиях температурного перепада с помощью графа. Варианты (способы) этого метода.
32. Метод выращивания монокристаллов в растворах в условиях испарения растворителя.
33. Представление топологии методом выращивания монокристаллов в растворах в условиях испарения растворителя с помощью графа. Варианты (способы) этого метода.
34. Метод выращивания монокристаллов в растворах без запаса кристаллизующего вещества.
35. Представление топологии метода выращивания монокристаллов в растворах без запаса кристаллизующего вещества с помощью графа.
36. Варианты (способы) метода выращивания монокристаллов в растворах без запаса кристаллизующего вещества: спонтанная кристаллизация в растворе-расплаве, кристаллизация в растворе-расплаве с локальной областью охлаждения контейнера.
37. Метод выращивания монокристаллов испарением растворителя в условиях диффузионной «конвекции».
38. Метод выращивания монокристаллов испарением растворителя в условиях конвекции Марангони.
39. Метод зонной кристаллизации в растворе-расплаве.
40. Граф топологии метода зонной кристаллизации в растворе-расплаве.
41. Выращивание монокристаллов методом Чохральского.
42. Граф топологии метода Чохральского. Варианты (способы) этого метода.

8.4 Структура и пример билетов к экзамену.

Пример билета к экзамену.

<i>«Утверждаю» Зав.кафедрой _____20__ 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 18.03.01 Химическая технология Профиль «Химическая технология материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники»
	Химическая технология технических монокристаллов
Билет № 1	
1. Метод выращивания монокристаллов в растворах без запаса кристаллизующего вещества.	
2. Виды конвективного массопереноса в кристаллизационных средах.	

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. Математическое моделирование. Получение монокристаллов и полупроводниковых структур. Под ред. акад. А.А. Самарского. М.: Наука, 1986, 198 с.
4. В.Н. Портнов, Е.В. Чупрунов. Возникновение и рост кристаллов. М.: Физматлит, 2006, 328 с.
5. 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

- Журнал неорганической химии ISSN: 0044-457X
- Журнал общей химии ISSN: 0044-460X
- «Неорганические материалы» ISSN: 0002-337X
- Российский химический журнал ISSN: 0373-0247
- «Успехи химии» ISSN: 0044-460X

- Доклады Академии наук ISSN: 0869-5652
- Журнал «Кристаллография» ISSN: 0023-4761
- Journal of Chemical & Engineering Data ISSN: 1520-9568
- Nature Nanotechnology ISSN: 1748-3387
- Nature Chemistry ISSN: 1755-4330
- Journal of Crystal Growth ISSN: 0022-0248

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

1. список вопросов по контрольной работе №1 тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 25);
2. список вопросов по контрольной работе №2 тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 25).

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 01.01.2023 составляет 1 727 628 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 «Химическая технология технических монокристаллов» проводятся в форме лекций, лабораторных занятий и самостоятельной работы студента.

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.

Учебная лаборатория, оснащенная лабораторной мебелью, научным

оборудованием для проведения лабораторных работ.

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

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса. Набор демонстрационных вакуумных электронных приборов (ЭЛТ, ФЭУ, вакуумные фотоэлементы) и ламп, образцы срезов кварца, лазерных материалов, люминофоров.

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. Динамика примесного состава и виды массопереноса в процессах роста кристаллов	<i>Знает:</i> – методы введения легирующих микропримесей в монокристаллы; <i>Умеет:</i> – конструировать структуру и состав легированных монокристаллов; <i>Владеет:</i> – навыками анализа структур и процессов в кристаллизационных средах.	Оценка за контрольную работу Оценка за реферат Оценка за лабораторные работы № 1, 2 и 3 Оценка за экзамен
Раздел 2. Методы выращивания монокристаллов	<i>Знает:</i> – основные виды структур и процессов в кристаллизационных средах. <i>Умеет:</i> – анализировать процессы,	Оценка за контрольную работу Оценка за реферат Оценка за лабораторные работы

	проходящие в кристаллизационных средах; – проектировать логистику питания растущего монокристалла; <i>Владеет:</i> – навыками анализа структур и процессов в кристаллизационных средах.	№ 4 и 5 Оценка за экзамен
--	--	------------------------------

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
«Химическая технология технических монокристаллов»
основной образовательной программы**

18.03.01 «Химическая технология»

Профиль – «Химическая технология материалов электроники»

«Основная образовательная программа высшего образования – программа бакалавриата»

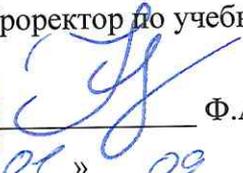
Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
2.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__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

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



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе


Ф.А. Колоколов

« 01 » « 09 » 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Химическая технология тонкопленочных гетероструктур»

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
(Код и наименование направления подготовки)

Профиль подготовки – «Химическая технология материалов электроники»
(Наименование профиля подготовки)

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
« 19 » « 06 » 2023 г.

Председатель  Н.А. Макаров

Москва 2023

Программа составлена:
Заведующим кафедрой химии и технологии кристаллов, профессором, д.х.н. И.Х.
Аветисовым

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

«16» мая 2023 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки бакалавров 18.03.01 Химическая технология, профиль «Химическая технология материалов электроники», в соответствии с рекомендациями Методической комиссии РХТУ им. Д.И. Менделеева и накопленным опытом преподавания дисциплин профиля на кафедре химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Программа относится к вариативной части учебного плана, к блоку дисциплин по выбору (Б1.В.ДВ.03.02) и рассчитана на изучение дисциплины в 8 семестре обучения. Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общей химии, математики, физики, физической химии, кристаллографии.

Цель дисциплины — сформировать у студентов бакалавриата представление о том, как на основе фундаментальной физико-химической информации осуществляется выбор технологии и определяются конкретные технологические режимы; каким образом осуществляется оперативный контроль за качеством получаемых материалов и изделий; какова должна быть последовательность действий при разработке технологии новых многокомпонентных гетерофазных структур.

Задачи дисциплины – ознакомление с теоретическими основами технологии моно- поликристаллических, аморфных материалов на основе известных полупроводниковых соединений; ознакомление с технологиями формирования многослойных пленочных гетерофазных структур для приборов электроники и фотоники.

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				
<p>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.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство;</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-3. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники</p>	<p>ПК-3.3. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники.</p>	<p>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.</p> <p>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 D. Техническая подготовка технологической базы производства приборов квантовой электроники и фотоники. D/04.6 Приведение функциональных возможностей оборудования в соответствие специфическим требованиям процессов нанотехнологии (уровень квалификации – 6).</p> <p>Профессиональный стандарт 40.011</p>

				<p>«СПЕЦИАЛИСТ ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИМ РАЗРАБОТКАМ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04 марта 2014 года N 121н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5 Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок (уровень квалификации – 5).</p> <p>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 июля 2014 года N 446н, Обобщенная трудовая функция D. Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий. D/02.6 Разработка технических требований к модернизации технологических линий с целью реализации концепции производства и оптимизации технологических процессов с учетом требований систем менеджмента D/04.6 Разработка методик и</p>
--	--	--	--	---

				техническое руководство экспериментальной проверкой технологических процессов и исследованием параметров наноструктурированных материалов (уровень квалификации – 6).
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-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты. ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом.	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 26.017 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПОДГОТОВКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ PVD-ПОКРЫТИЙ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 августа 2017 г. N 644н, Обобщенная трудовая функция С. Организация производственного процесса нанесения наноструктурированного PVD-покрытия. С/05.6. Контроль соблюдения технологических процессов на участке PVD-покрытий (уровень квалификации – 6). Профессиональный стандарт 40.037 «СПЕЦИАЛИСТ ПО РАЗРАБОТКЕ

				<p>ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРИБОРОВ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И ФОТОНИКИ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10 июля 2014 года N 446н,</p> <p>Обобщенная трудовая функция</p> <p>D. Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий.</p> <p>D/02.6 Разработка технических требований к модернизации технологических линий с целью реализации концепции производства и оптимизации технологических процессов с учетом требований систем менеджмента</p> <p>D/04.6 Разработка методик и техническое руководство экспериментальной проверкой технологических процессов и исследованием параметров наноструктурированных материалов (уровень квалификации – б).</p>
<p>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.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство;</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-</p>	<p>ПК-4. Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники</p>	<p>ПК-4.1. Знает технологическое оборудование для производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники и правила его эксплуатации</p> <p>ПК-4.2. Умеет подбирать технологические параметры процесса производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники</p> <p>ПК-4.3. Владеет основами проектирования технологической линии производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники</p>	<p>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.</p> <p>Профессиональный стандарт 26.017 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПОДГОТОВКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННОГО</p>

	технологического производства).			<p>ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ PVD-ПОКРЫТИЙ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 августа 2017 г. N 644н, Обобщенная трудовая функция С. Организация производственного процесса нанесения наноструктурированного PVD-покрытия. С/05.6. Контроль соблюдения технологических процессов на участке PVD-покрытий (уровень квалификации – 6).</p> <p>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 D. Техническая подготовка технологической базы производства приборов квантовой электроники и фотоники. D/04.6 Приведение функциональных возможностей оборудования в соответствие специфическим требованиям процессов нанотехнологии (уровень квалификации – 6).</p> <p>Профессиональный стандарт 40.011 «СПЕЦИАЛИСТ ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ И</p>
--	---------------------------------	--	--	---

				<p>ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИМ РАЗРАБОТКАМ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04 марта 2014 года N 121н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно- исследовательских и опытно- конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5 Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок (уровень квалификации – 5).</p>
--	--	--	--	---

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- Термодинамические аспекты технологий пленочных структур на основе неорганических и органических химических соединений
- Теоретические аспекты согласования толщин различных функциональных слоев при создании многослойных светоизлучающих диодных структур на основе органических соединений
- Закономерности формирования собственных и примесных точечных дефектов при получении пленочных структур различными методами
- Особенности формирования переходных слоев при получении многослойных пленочных структур на основе неорганических и органических соединений для производства приборов электроники.
- Основные неорганические материалы и индивидуальные вещества, которые используются для получения активных и пассивных слоев современных гетерофазных пленочных структур для приборов электроники различного назначения.
- Способы получения отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур с заранее заданными функциональными характеристиками для приборов электроники различного назначения.

Уметь:

- Выбирать методы формирования отдельных слоев тонкопленочных структур с заданным типом и концентрацией точечных дефектов.
- Рассчитывать толщины функциональных слоев многослойной светоизлучающей диодной структуры на основе органических соединений.
- Анализировать информацию и на ее основе осуществлять выбор материалов для создания активных и пассивных слоев современных гетерофазных пленочных структур для приборов электроники различного назначения.
- Способы получения отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур с заранее заданными функциональными характеристиками для приборов электроники различного назначения.

Владеть:

- Современными способами получения отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур с заранее заданными функциональными характеристиками для приборов электроники различного назначения.
- Способы создания и использования основных элементов электровакуумных приборов (подогревателей, катодов, геттеров)
- Методами расчета характеристик переходных слоев многослойных структур на основе неорганических и органических соединений для приборов электроники.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Дисциплина изучается в 8 семестре бакалавриата на базе знаний, полученных студентами на первых курсах. Контроль освоения студентами материала дисциплины осуществляется путем проведения экзамена.

Виды учебной работы	Всего	
	Зач. ед.	Ак. час.
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	4	180
Контактная работа – аудиторные занятия:	2	64
Лекции (Лек)	1	32

Лабораторные занятия (ЛЗ)	1	32
Практические занятия (ПЗ)	0	0
Самостоятельная работа (СР):	2	80
Реферат	0,5	20
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	1,5	60
Виды контроля:		
Экзамен	1	36
Контактная работа – промежуточная аттестация		0,4
Подготовка к экзамену.		35,6

Виды учебной работы	Всего	
	Зач. ед.	Астр. час.
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	4	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	2	48
Лекции (Лек)	1	24
Лабораторные занятия (ЛЗ)	1	24
Практические занятия (ПЗ)	0	0
Самостоятельная работа (СР):	2	60
Контактная самостоятельная работа	2	20
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		40
Виды контроля:		
Экзамен	1	27
Контактная работа – промежуточная аттестация		0,3
Подготовка к экзамену.		26,7

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Разделы дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лекции	Прак. Зан.	Лаб. работы	Сам. работа
1	Раздел 1 Общие вопросы технологии гетерофазных структур	50	12	-	8	30
2	Раздел 2 Технология линейных гетерофазных структур	50	12	-	8	30
3	Раздел 3 Технология объемных гетерофазных структур на примере керамических мишеней для магнетронного и электронно-лучевого распыления.	44	8	-	16	20
	ИТОГО	144	32	-	32	80
	Экзамен	36				
	ИТОГО	180				

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Общие вопросы технологии гетерофазных структур

1.1. Классификация гетерофазных структур. Понятие гетерофазной структуры. Классификация гетерофазных структур по различным признакам - размерность,

слоистость, количество используемых фаз, агрегатное и структурное состояние отдельные слои гетерофазных структур.

1.2. Общий подход к анализу физико-химических данных о системах, используемых при разработке технологии гетерофазных структур (на примере основных химических соединений, используемых в современной микроэлектронике).

1.3. Физико-химические свойства кремния и германия. Технологии монокристаллического и аморфного кремния и германия для различных типов устройств. Номенклатура и характеристики промышленных монокристаллов.

1.4. Фазовые равновесия в системах A^3-B^5 . Характеристика физических, электрофизических, и оптоэлектрических свойств химических соединений типа A_3B_5 . Технология монокристаллов соединений A^3B^5 и твердых растворов на их основе. Номенклатура и характеристики промышленных монокристаллов.

1.5. Фазовые равновесия в системах A^2-B^6 . Характеристика физических, электрофизических, и оптоэлектрических свойств химических соединений типа A^2B^6 .

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

1.7. Жидкие кристаллы. Классификация, основные характеристики, методы получения.

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

Раздел 2. Технология линейных гетерофазных структур

2.1. 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 толстопленочных микросхем.

2.3. 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 $In_2O_3-SnO_2$. Технология электронно-лучевых трубок. Технология вакуумного флуоресцентного дисплея. Технология плазменной панели. Технология электросмачивающего дисплея.

2.4. Органическая электролюминесценция. Основные классы органических люминесцирующих структур. Особенности механизмов люминесценции ОЛС. Теоретическая модель органических светоизлучающих диодов. Методика подбора

материалов для создания гетерофазной ОЛС. Технология органического электролюминесцирующего дисплея. Технология полимерного электролюминесцирующего дисплея.

2.5. Технология линейных гетерофазных структур на примере приборов передачи изображения.

Технология видиконов для передачи цветного телевизионного изображения. Технология матричных приборов с зарядовой связью (ССД 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 микрзеркальных устройств.

Раздел 3. Технология объемных гетерофазных структур на примере керамических мишеней для магнетронного и электронно-лучевого распыления

Характеристика керамических мишеней для магнетронного и электронно-лучевого распыления. Диаграмма Эллингема для системы Zn-O-S. Технология —мокрого легирования сульфида цинка ионами тербия. Технология высокотемпературного прессования при контролируемом химическом потенциале одного из компонентов. Технология активационного отжига по методу Ван-Доорна.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
Знать:				
1	– Термодинамические аспекты технологий пленочных структур на основе неорганических и органических химических соединений	+	+	+
2	– Теоретические аспекты согласования толщин различных функциональных слоев при создании многослойных светоизлучающих диодных структур на основе органических соединений	+	+	+
3	– Закономерности формирования собственных и примесных точечных дефектов при получении пленочных структур различными методами	+	+	+
4	– Особенности формирования переходных слоев при получении многослойных пленочных структур основе неорганических и органических соединений для производства приборов электроники.	+	+	+
5	– Основные неорганические материалы и индивидуальные вещества, которые используются для получения активных и пассивных слоев современных гетерофазных пленочных структур для приборов электроники различного назначения.	+	+	+
6	– Способы получения отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур с заранее заданными функциональными характеристиками для приборов электроники различного назначения.	+	+	+
Уметь:				
7	– Выбирать методы формирования отдельных слоев тонкопленочных структур с заданным типом и концентрацией точечных дефектов.	+	+	+
8	– Рассчитывать толщины функциональных слоев многослойной светоизлучающей диодной структуры на основе органических соединений.	+	+	+
9	– Анализировать информацию и на ее основе осуществлять выбор материалов для создания активных и пассивных слоев современных гетерофазных пленочных структур для приборов электроники различного назначения.	+	+	+
10	– Способы получения отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур с заранее заданными функциональными характеристиками для приборов электроники различного назначения.	+	+	+
Владеть:				
11	– Современными способами получения отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур с заранее заданными функциональными характеристиками для приборов электроники различного назначения.	+	+	+
12	– Способы создания и использования основных элементов электровакуумных приборов (подогревателей, катодов, геттеров)	+	+	+
13	– Методами расчета характеристик переходных слоев многослойных структур на основе неорганических и органических соединений для приборов электроники.	+	+	+
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-3. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники	ПК-3.3. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники.	+	+	+
11	ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции	+	+	+
12	технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты.	+	+	+
13		ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом.	+	+	+
14	ПК-4. Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники	ПК-4.1. Знает технологическое оборудование для производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники и правила его эксплуатации	+	+	+
		ПК-4.2. Умеет подбирать технологические параметры процесса производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники	+	+	+
		ПК-4.3. Владеет основами проектирования технологической линии производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 18.03.01 Химическая технология, профиль «Химическая технология материалов электроники» не предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине «Химическая технология тонкопленочных гетероструктур».

6.2. Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине, а также дает знания о методиках формирования и исследования характеристик материалов и гетероструктур.

Лабораторный практикум по дисциплине «*Химическая технология тонкопленочных гетероструктур*» выполняется в соответствии с Учебным планом в 8 семестре и занимает 32 акад. ч. Лабораторные работы охватывают все разделы дисциплины. В практикум входит 4 работ, примерно по 8 ч на каждую работу. В зависимости от трудоемкости включенных в практикум работ их число может быть уменьшено. Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «*Химическая технология тонкопленочных гетероструктур*», а также дает знания о методиках формирования тонкопленочных структур и исследования их характеристик.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 48 баллов (максимально по 12 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ

№ п/п	Раздел	Наименование лабораторных работ	Часы
1.	1	Синтез органического порошкового люминофора и его очистка методом вакуумной сублимации	8
2.	2	Формирование тонкопленочного прозрачного проводящего слоя на стеклянной подложке	8
3.	3	Формирование многослойной гетерофазной тонкопленочной светоизлучающей диодной структуры	8
4.	3	Измерения характеристик многослойной гетерофазной тонкопленочной светоизлучающей диодной структуры	8

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины «*Химическая технология тонкопленочных гетероструктур*» предусмотрена самостоятельная работа студента в объеме 80 акад. час., в том числе самостоятельное изучение разделов дисциплины и выполнение домашних заданий в объеме 60 акад. час., подготовку реферата в объеме 20 акад. час.

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

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- подготовку к выполнению лабораторных работ по тематике дисциплины;
- подготовку реферата по тематике дисциплины на основе проработки рекомендованной литературы и работы с электронно-библиотечными системами;

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

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 8 семестре складывается из оценок за выполнение лабораторного практикума (максимальная оценка 48 баллов), оценки за реферат (12 баллов), и итогового контроля в форме экзамена (максимальная оценка 40 баллов).

Реферат по дисциплине выполняется в 8 семестре в часы, выделенные учебным планом на самостоятельную работу. Максимальная оценка реферата – 12 баллов.

8.1. Примерная тематика рефератов

1. Современная технология моно- поликристаллического и аморфного кремния и германия для различных типов устройств.
2. Исследования полиморфизма в нестехиометрических фазах соединений A^2B^6 .
3. Применение полупроводникового арсенида галлия в технологиях СВЧ устройств и оптоэлектроники.
4. Современные тенденции в создании тонкопленочных прозрачных проводящих слоев для устройств отображения информации.
5. История создания и современные тенденции развития технологий жидкокристаллических устройств.
6. Современное развитие технологий неорганических люминофоров.
7. Современные тенденции развития технологий интегральных схем.
8. Модифицирование технологии фотолитографии: от миллиметров до нанометров.
9. Способы представления цвета в устройствах отображения информации.
10. Пассивные и активные тонкопленочные структуры тонкопленочных светодиодных излучающих устройств.
11. Технология QLED против технологии OLED.

8.2. Примеры контрольных вопросов для оценки освоения дисциплины

Итоговый контроль – экзамен

Итоговый контроль проводится в форме экзамена. Билет содержит 3 вопроса, максимальная оценка за первый вопрос – 15 баллов, второй вопрос – максимально 15 баллов, третий вопрос – максимально 10.

Общая оценка складывается путем суммирования оценок за реферат (максимум 12 баллов), лабораторные работы (48 баллов) и ответ на экзамене (максимум 40 баллов). Максимальная оценка – 100 баллов.

Примеры контрольных вопросов

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 технологи и 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.

42. Физико-химические свойства кремния и германия.
43. Технологии моно- поликристаллического и аморфного кремния и германия для различных типов устройств.
44. Номенклатура и характеристики промышленных монокристаллов.
45. Фазовые равновесия в системах A^3-B^5 .
46. Характеристика физических, электрофизических, и оптоэлектрических свойств химических соединений типа A_3B_5 .
47. Технология монокристаллов соединений A^3B^5 и твердых растворов на их основе. Номенклатура и характеристики промышленных монокристаллов.
48. Фазовые равновесия в системах A^2-B^6 .
49. Характеристика физических, электрофизических, и оптоэлектрических свойств химических соединений типа A^2B^6 .
50. Характеристика физико-химических, физических и электрофизических свойств основных материалов, используемых при изготовлении пассивных элементов в технологиях гетероструктур.
51. Жидкие кристаллы. Классификация, основные характеристики, методы получения.
52. Классификация люминофоров по различным признакам.
53. Основные классы химических соединений, используемых для синтеза неорганических люминофоров.
54. Технологии синтеза неорганических люминофоров.
55. Взаимосвязь между условиями синтеза и характеристиками люминофоров.
56. Способы формирования тонкопленочных люминесцентных структур при различных способах их возбуждения.
57. Классификации интегральных схем (ИС) по различным признакам.
58. Технология полупроводниковых ИС на основе Si.
59. Технология изготовления пластин для ИС из монокристаллической булы.
60. Физико-химические основы и техника легирования кремниевых микросхем.
61. Фазовые равновесия и кинетика гетерофазных процессов в системе Si-O.
62. Технология диэлектрических покрытий на основе оксидов кремния.
63. Фотолитография.
64. Особенности технологии ИС на основе GaAs.
65. Основные типы структур активных элементов, используемых при создании ИС
66. Диффузионно-планарная структура, эпитаксиально-планарная структура
67. Эпитаксиально-планарная структура со скрытым слоем, структура с диэлектрической изоляцией,
68. изопланарная структура,
69. полипланарная структура,
70. МДП структура,
71. Эпитаксиально-планарный транзистор с диодом Шоттки,
72. структура с инжекционно-интегральной логикой
73. Технология гибридных ИС.
74. Технология толстопленочных микросхем.
75. Технология приборов воспроизведения изображения.
76. Понятие цвета, диаграмма цветности, цветовые измерения,
77. Цветовая система МКО.
78. Основные системы представления цвета, аналоговое и цифровое представление цвета.
79. Технология активного жидкокристаллического дисплея с транзисторной матрицей на основе Si.
80. Топология активного жидкокристаллического дисплея.
81. Фазовые равновесия в системе Si-H.
82. Особенности получения тонких слоев аморфного нефоточувствительного кремния.
83. Формирование транзисторной матрицы.

84. Моделирование и особенности технологии тонкопленочных неорганических светофильтров.
85. Особенности фотолитография прозрачных проводящих покрытий $\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$.
86. Технология электронно-лучевых трубок.
87. Технология вакуумного флуоресцентного дисплея.
88. Технология плазменной панели.
89. Технология электросмачивающего дисплея.
90. Органическая электролюминесценция.
91. Основные классы органических люминесцирующих структур.
92. Особенности механизмов люминесценции ОЛС.
93. Теоретическая модель органических светоизлучающих диодов.
94. Методика подбора материалов для создания гетерофазной ОЛС.
95. Технология органического электролюминесцирующего дисплея.
96. Технология полимерного электролюминесцирующего дисплея.
97. Технология линейных гетерофазных структур на примере приборов передачи изображения.
98. Технология видеоконфов для передачи цветного телевизионного изображения.
99. Технология матричных приборов с зарядовой связью (CCD матрицы): топология, принцип действия, основные характеристики.
100. Технология фоточувствительных структур на основе матрицы КМОП транзисторов: топология, принцип действия, сравнительные характеристики.
101. Пространственно-временные модуляторы света. Назначение и принцип действия основных типов ПВМС.
102. Технология материалов для изготовления активной структуры ПВМС.
103. Технология пространственно-временного преобразователя света (для видимого диапазона) на основе поликристаллического сульфида кадмия.
104. Технология электростатического проекционного дисплея на основе деформируемых микрзеркальных устройств.
105. Характеристика керамических мишеней для магнетронного и электронно-лучевого распыления.
106. Диаграмма Эллингема для системы Zn-O-S .
107. Технология —мокрого легирования сульфида цинка ионами тербия.
108. Технология высокотемпературного прессования при контролируемом химическом потенциале одного из компонентов.
109. Технология активационного отжига по методу Ван-Доорна.

8.4. Структура и пример билетов к экзамену

Итоговый контроль освоения материала проводится в форме экзамена.

Билет к зачету состоит из 3 вопросов. Первый вопрос билета предусматривают развернутые ответы студента по разделу 1, второй – по разделу 2 и третий – по разделу 3. Ответы на вопросы билета оцениваются из 40 баллов (максимальная оценка) следующим образом: первый вопрос – максимально по 15 баллов, второй вопрос – максимально 15 баллов, третий вопрос – максимально 10. Общая оценка экзамена складывается путем суммирования оценок текущего контроля по модулю 1 и ответа на зачете. Максимальная оценка экзамена – 100 баллов.

Пример билета к экзамену.

«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 электроники» 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	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Высокочистые вещества. Коллектив авторов. М., Научный мир, 2018, 996 с.
2. А.Ю. Зиновьев, А.Г. Чередниченко, И.Х. Аветисов Технология органических электролюминесцентных устройств. Технологические процессы. Учебное пособие. М.: РХТУ им.Д.И.Менделеева, 2012. 64с.
3. 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.

Б. Дополнительная литература

1. 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.
2. Таиров Ю.М., Цветков В.Ф. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов. М.; Высш.шк.,1990, 423 с.
3. Парфенов О.Д. Технология микросхем. М.; Высш.шк.,1986, 320 с.
4. Готтштайн Г. Физико-химические основы материаловедения. М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2011 400с
5. Ковтуненко П.В. Физическая химия твердого тела. Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1993, 352 с.
6. А.Ю.Зиновьев, И.Х.Аветисов, А.Г.Чередниченко Технология органических электролюминесцентных устройств. Гетероструктуры. Учебное пособие. М.: РХТУ им.Д.И.Менделеева, 2011. 63с.

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

- <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека (широкий спектр ресурсов и научных работ)
- <http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России (обширная коллекция научно-технической литературы)
- <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека (доступ к множеству научных статей)
- <http://www.intechopen.com/> - In Tech. Open Science (открытый доступ к книгам и журнальным статьям по различным научным дисциплинам)
- <http://www.scirp.org/journal/Index.aspx> - Scientific research. Open Access (широкий спектр научных исследований с открытым доступом)
- <http://bookfi.org/g/> - BookFinder. Самая большая электронная библиотека рунета. Поиск книг и журналов (обширная база данных для поиска книг)
- <http://www.portalnano.ru/> - Нанотехнологии и наноматериалы. Федеральный интернет-портал (специализированный ресурс по нанотехнологиям)
- <http://nano-portal.ru/> - Нано Портал - Нанотехнологии России (информация и новости о нанотехнологиях в России)
- <http://www.nanonewsnet.ru/> - Нанотехнологии Nano news net | Сайт о нанотехнологиях #1 в России (новости и статьи о нанотехнологиях)
- <http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - Сайт ФИПС. Информация о патентах (официальная информация о патентах в России)
- <http://lib.msu.su> - Научная библиотека Московского государственного университета (образовательные и научные ресурсы для студентов и исследователей)
- <http://www.nsknano.ru/> - Новосибирские Наноматериалы (специализированный ресурс по наноматериалам)
- <http://www.nanometer.ru/> - "Нанометр" - нанотехнологическое сообщество (платформа для общения специалистов в области нанотехнологий)
- <http://plasma.karelia.ru/pub/nano-kurs/> - «Нано Технологии» (образовательные материалы по нанотехнологиям)
- www.14000.ru - Информационный сайт по системам экологического менеджмента, энерго- и ресурсоэффективным технологиям производства (экологические и энергосберегающие технологии)
- www.centerprioritet.ru – СМЦ «Приоритет» - техническая документация исследований (ИКСИ) – заказ литературы, русскоязычные издания (техническая документация и литература)
- <http://www.superhimik.com/forum.htm> - Золотые купола химии (форум по химии)
- http://www.twirpx.com/files/chidnustry/chemistry_tech/silicate/ - Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (специализированные материалы по химической технологии)
- www.sciyo.com - Welcome to Sciyo! Read, download & share more than 273 FREE SCIENTIFIC BOOKS (бесплатные научные книги)
- <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов (образовательные ресурсы)
- <http://abc-chemistry.org/ru/> - ABC-Chemistry : Бесплатная научная химическая информация (ресурсы по химии)
- <http://findebookee.com/> - поисковая система по книгам (поиск книг)

- <http://lcweb.loc.go> - Библиотека Конгресса США (широкий спектр ресурсов, хотя может быть не на русском языке)

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 22, (общее число слайдов – 514);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 80);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 41).

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 01.01.2023 составляет 1 727 628 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 «Химическая технология тонкопленочных гетероструктур» проводятся в форме лекций, лабораторных занятий и самостоятельной работы студента.

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.

Учебная лаборатория, оснащенная лабораторной мебелью, научным оборудованием для проведения лабораторных работ (стенды, харектереограф, феррограф, лазеры).

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

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса. Набор демонстрационных вакуумных электронных приборов (ЭЛТ, ФЭУ, вакуумные фотоэлементы) и ламп, образцы срезов кварца, лазерных материалов, люминофоров.

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. Общие вопросы технологии гетерофазных структур	<i>Знает:</i> <ul style="list-style-type: none">– Термодинамические аспекты технологий пленочных структур на основе неорганических и органических химических соединений– Теоретические аспекты согласования толщин различных функциональных слоев при создании многослойных светоизлучающих диодных структур на основе органических соединений– Закономерности формирования собственных и примесных точечных дефектов при получении пленочных структур различными методами– Особенности формирования переходных слоев при получении многослойных пленочных структур на основе неорганических и	Оценка за расчетную работу Оценка за реферат Оценка за лабораторную работу № 1 Оценка за экзамен

	<p>органических соединений для производства приборов электроники.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Основные неорганические материалы и индивидуальные вещества, которые используются для получения активных и пассивных слоев современных гетерофазных пленочных структур для приборов электроники различного назначения. – Способы получения отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур с заранее заданными функциональными характеристиками для приборов электроники различного назначения. <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Выбирать методы формирования отдельных слоев тонкопленочных структур с заданным типом и концентрацией точечных дефектов. – Рассчитывать толщины функциональных слоев многослойной светоизлучающей диодной структуры на основе органических соединений. – Анализировать информацию и на ее основе осуществлять выбор материалов для создания активных и пассивных слоев современных гетерофазных пленочных структур для приборов электроники различного назначения. – Способы получения отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур с заранее заданными функциональными характеристиками для приборов электроники различного назначения. <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Современными способами получения отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур с заранее заданными функциональными характеристиками для приборов электроники различного назначения. – Способами создания и использования основных элементов электровакуумных приборов (подогревателей, катодов, геттеров) – Методами расчета характеристик переходных слоев многослойных 	
--	---	--

	структур на основе неорганических и органических соединений для приборов электроники.	
Раздел 2. Технология линейных гетерофазных структур	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Термодинамические аспекты технологий пленочных структур на основе неорганических и органических химических соединений – Теоретические аспекты согласования толщин различных функциональных слоев при создании многослойных светоизлучающих диодных структур на основе органических соединений – Закономерности формирования собственных и примесных точечных дефектов при получении пленочных структур различными методами – Особенности формирования переходных слоев при получении многослойных пленочных структур основе неорганических и органических соединений для производства приборов электроники. – Основные неорганические материалы и индивидуальные вещества, которые используются для получения активных и пассивных слоев современных гетерофазных пленочных структур для приборов электроники различного назначения. – Способы получения отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур с заранее заданными функциональными характеристиками для приборов электроники различного назначения. <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Выбирать методы формирования отдельных слоев тонкопленочных структур с заданным типом и концентрацией точечных дефектов. – Рассчитывать толщины функциональных слоев многослойной светоизлучающей диодной структуры на основе органических соединений. – Анализировать информацию и на ее основе осуществлять выбор материалов для создания активных и пассивных слоев современных гетерофазных пленочных структур для 	<p>Оценка за расчетную работу</p> <p>Оценка за реферат</p> <p>Оценка за лабораторную работу № 2</p> <p>Оценка за экзамен</p>

	<p>приборов электроники различного назначения.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Способы получения отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур с заранее заданными функциональными характеристиками для приборов электроники различного назначения. <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Современными способами получения отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур с заранее заданными функциональными характеристиками для приборов электроники различного назначения. – Способами создания и использования основных элементов электровакуумных приборов (подогревателей, катодов, геттеров) – Методами расчета характеристик переходных слоев многослойных структур на основе неорганических и органических соединений для приборов электроники. 	
<p>Раздел 3. Технология объемных гетерофазных структур на примере керамических мишеней для магнетронного и электронно-лучевого распыления.</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Термодинамические аспекты технологий пленочных структур на основе неорганических и органических химических соединений – Теоретические аспекты согласования толщин различных функциональных слоев при создании многослойных светоизлучающих диодных структур на основе органических соединений – Закономерности формирования собственных и примесных точечных дефектов при получении пленочных структур различными методами – Особенности формирования переходных слоев при получении многослойных пленочных структур основе неорганических и органических соединений для производства приборов электроники. – Основные неорганические материалы и индивидуальные вещества, которые используются для получения активных и пассивных слоев современных гетерофазных 	<p>Оценка за расчетную работу Оценка за реферат Оценка за лабораторные работы № 3 и 4</p> <p>Оценка за экзамен</p>

	<p>пленочных структур для приборов электроники различного назначения.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Способы получения отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур с заранее заданными функциональными характеристиками для приборов электроники различного назначения. <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Выбирать методы формирования отдельных слоев тонкопленочных структур с заданным типом и концентрацией точечных дефектов. – Рассчитывать толщины функциональных слоев многослойной светоизлучающей диодной структуры на основе органических соединений. – Анализировать информацию и на ее основе осуществлять выбор материалов для создания активных и пассивных слоев современных гетерофазных пленочных структур для приборов электроники различного назначения. – Способы получения отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур с заранее заданными функциональными характеристиками для приборов электроники различного назначения. <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Современными способами получения отдельных слоев и многослойных гетерофазных структур с заранее заданными функциональными характеристиками для приборов электроники различного назначения. – Способами создания и использования основных элементов электровакуумных приборов (подогревателей, катодов, геттеров) – Методами расчета характеристик переходных слоев многослойных структур на основе неорганических и органических соединений для приборов 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 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
«Химическая технология тонкопленочных гетероструктур»
основной образовательной программы**

18.03.01 «Химическая технология»

Профиль – «Химическая технология материалов электроники»

«Основная образовательная программа высшего образования – программа бакалавриата»

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.

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



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

 Ф.А. Колоколов

«01» «09» 2023 г.

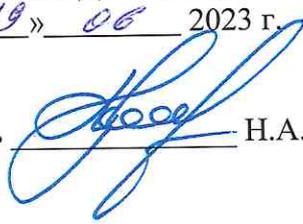
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Химическая технология ювелирных материалов»

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
(Код и наименование направления подготовки)

Профиль подготовки – «Химическая технология материалов электроники»
(Наименование профиля подготовки)

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
«19» «06» 2023 г.

Председатель  Н.А. Макаров

Москва 2023

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)

«16» мая 2023 г., протокол № 9.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.01 Химическая технология, профиль «Химическая технология материалов электроники»** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **химии и технологии кристаллов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Программа относится к вариативной части учебного плана, к блоку элективных дисциплин (Б1.В.ДВ.03.03). Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общей химии, математики, физики, физической химии, кристаллографии, физической электроники.

Цель дисциплины – ознакомление студентов с различными химическими технологиями в области работы с природными и искусственными ювелирными камнями - механической обработкой, модифицированием свойств (облагораживанием), ростом искусственных кристаллов и технологией ювелирного производства.

Задачи дисциплины – формирование у студентов знаний по общим химическим технологиям для работы с природными и искусственными ювелирными камнями и их химическими особенностями, формирование умений и навыков для практической деятельности.

Дисциплина **«Химическая технология ювелирных материалов»** преподается в 8 семестре обучения. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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				
<p>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.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство;</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-3. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники</p>	<p>ПК-3.3. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники.</p>	<p>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.</p> <p>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 D. Техническая подготовка технологической базы производства приборов квантовой электроники и фотоники. D/04.6 Приведение функциональных возможностей оборудования в соответствие специфическим требованиям процессов нанотехнологии (уровень квалификации – 6).</p>

				<p>Профессиональный стандарт 40.011 «СПЕЦИАЛИСТ ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИМ РАЗРАБОТКАМ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04 марта 2014 года N 121н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5 Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок (уровень квалификации – 5).</p> <p>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 июля 2014 года N 446н, Обобщенная трудовая функция D. Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий. D/02.6 Разработка технических требований к модернизации технологических линий с целью реализации концепции производства и оптимизации технологических процессов с учетом требований систем</p>
--	--	--	--	---

				менеджмента D/04.6 Разработка методик и техническое руководство экспериментальной проверкой технологических процессов и исследованием параметров наноструктурированных материалов (уровень квалификации – б).
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-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать	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 26.017 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПОДГОТОВКЕ И

			<p>полученные результаты.</p> <p>ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом.</p>	<p>ЭКСПЛУАТАЦИИ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ PVD-ПОКРЫТИЙ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 августа 2017 г. N 644н, Обобщенная трудовая функция С. Организация производственного процесса нанесения наноструктурированного PVD-покрытия.</p> <p>С/05.6. Контроль соблюдения технологических процессов на участке PVD-покрытий (уровень квалификации – б).</p> <p>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 июля 2014 года N 446н, Обобщенная трудовая функция</p>
--	--	--	--	---

				<p>D. Разработка и обоснование технических требований к модернизации технологических линий.</p> <p>D/02.6 Разработка технических требований к модернизации технологических линий с целью реализации концепции производства и оптимизации технологических процессов с учетом требований систем менеджмента</p> <p>D/04.6 Разработка методик и техническое руководство экспериментальной проверкой технологических процессов и исследованием параметров наноструктурированных материалов (уровень квалификации – б).</p>
<p>Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство;</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-4. Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства материалов и приборов электронной техники и наноэлектроники</p>	<p>ПК-4.1. Знает технологическое оборудование для производства материалов и приборов электронной техники и правила его эксплуатации</p> <p>ПК-4.2. Умеет подбирать технологические параметры процесса производства материалов и приборов электронной техники и</p>	<p>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.</p>

<p>технологической документации.</p>			<p>нанoeлектроники</p>	<p>Профессиональный стандарт 26.017 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПОДГОТОВКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ PVD-ПОКРЫТИЙ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 августа 2017 г. N 644н, Обобщенная трудовая функция С. Организация производственного процесса нанесения наноструктурированного PVD-покрытия. С/05.6. Контроль соблюдения технологических процессов на участке PVD-покрытий (уровень квалификации – б).</p> <p>Профессиональный стандарт 29.002 «СПЕЦИАЛИСТ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ПРИБОРОВ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И</p>
--------------------------------------	--	--	------------------------	---

				<p>ФОТОНИКИ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. N 598н, Обобщенная трудовая функция D. Техническая подготовка технологической базы производства приборов квантовой электроники и фотоники. D/04.6 Приведение функциональных возможностей оборудования в соответствие специфическим требованиям процессов нанотехнологии (уровень квалификации – б).</p> <p>Профессиональный стандарт 40.011 «СПЕЦИАЛИСТ ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИМ РАЗРАБОТКАМ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04 марта 2014 года N 121н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-</p>
--	--	--	--	--

				конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5 Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок (уровень квалификации – 5).
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- Физико-химические аспекты современных технологий механической обработки ювелирных камней и материалов.
- Методы модифицирования свойств природных и искусственных ювелирных камней и материалов.
- Особенности технологии облагораживания природных ювелирных камней химическими методами.

Уметь:

- Разрабатывать технологические схемы обработки ювелирных камней с учетом физико-химических аспектов процесса.
- Осуществлять контроль качества получаемой продукции
- Выполнять простые операции по ювелирному производству.
- Модифицировать (облагораживать) свойства (цвет, качество и др. свойства) природных и искусственных ювелирных камней и материалов с использованием современных методов, а также предлагать новые перспективные методы.

Владеть:

- Навыком облагораживания ювелирных камней.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс изучается в 8 семестре бакалавриата на базе знаний, полученных студентами на первом-третьем курсе. Контроль освоения студентами материала курса осуществляется путем проведения экзамена.

Виды учебной работы	Всего	
	Зач. ед.	Ак. час.
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	3	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,8	64
Лекции (Лек)	0,9	32
Лабораторные занятия (ЛЗ)	0,9	32
Практические занятия (ПЗ)	-	-
Самостоятельная работа (СР):	0,2	8
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0,2	8
Виды контроля:		
Экзамен	1	36
Контактная работа – промежуточная аттестация		0.4
Подготовка к экзамену.		35.6

Виды учебной работы	Всего	
	Зач. ед.	Астр. час.
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	3	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,8	48
Лекции (Лек)	0,9	24
Лабораторные занятия (ЛЗ)	0,9	24
Практические занятия (ПЗ)	-	-
Самостоятельная работа (СР):	0,2	6

Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0,2	6
Виды контроля:		
Экзамен	1	27
Контактная работа – промежуточная аттестация		0.3
Подготовка к экзамену.		26,7

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек-ции	Практ. занят.	Лаб. работы	Сам. работа
1.	Технология обработки с основами технологии огранения	16	4	-	2	10
2.	Технология облагораживания ювелирных камней и материалов	46	12	-	10	24
3.	Технология драгоценных монокристаллов - получение искусственных камней и материалов	38	10		4	24
4.	Технология ювелирного производства	44	6	16		22
	Экзамен	36				
	ИТОГО	180	32	16	16	80

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Технология обработки

1. Введение. Определение природных и синтетических ювелирных кристаллов и материалов. Современная технологическая, геммологическая классификации и пр. Цели и задачи кристаллообработки. Основные понятия.
2. Стереологический осмотр сырья, методы сортировки и разметки сырья. Основные технологические приемы.
3. Физический смысл процессов шлифования и полирования, понятие структурно-нарушенного слоя (СНС), методы выявления и изучения СНС. Факторы, влияющие на параметры СНС.
4. Смазывающе-охлаждающие жидкости. Роль СОЖ и её химической природы в процессах шлифования. Влияние СОЖ на скорость шлифования и параметры шлифования.
5. Процесс огранения. Компьютерное моделирование огранки с учетом оптических и механических свойств обрабатываемого материала.
6. Контроль качества обработки, основные методы и особенности.
7. Особенности организации предприятий по обработке и производству ювелирных камней и материалов. Техника безопасности и утилизация химических отходов

производства.

Раздел 2. Технология облагораживания.

1. Введение. Определение облагораживания. Цели и задачи. Методы облагораживания, оборудование. Правила СИБЮ относительно облагороженных ювелирных камней.
2. Определение качественных характеристик природных кристаллов. Понятие о сортности и критерии выделения сортов материалов. Классификация дефектов в природных ювелирных кристаллах.
3. Определение цветовых характеристик ювелирных кристаллов. Понятие о цвете, как о физическом свойстве материала. Понятие о хромофорных центрах, локализация хромофорных примесей, методы определения хромофорных центров, микрохимических анализ. Определение цвета ювелирных кристаллов по системе оценки цвета, разработанной Геммологическим институтом Америки (GIA) с помощью комплекта цветных эталонов GIA GemSet.
4. Физические методы облагораживания. Условия проведения процессов, определяющие особенности методов. Термообработка, НРНТ, НТЛР, облучение, метод ионной имплантации, метод ионного перемешивания
5. Химические методы облагораживания. Условия проведения процессов, определяющие особенности методов. Химическое крашение.
6. Физико-химические методы модифицирования свойств природных монокристаллов. Термодиффузия, пропитка, импрегнирование, диффузия из газовой среды
7. облагораживание природных монокристаллов. Физико-химические основы модифицирования свойств природных монокристаллов. Модифицирование качественных и цветовых характеристик драгоценных камней (алмаз, сапфир, изумруд и др.), реконструкция. Рентабельность процесса облагораживания.

Раздел 3. Технология драгоценных монокристаллов

1. Введение. Цели и задачи роста драгоценных монокристаллов. Моделирование природных процессов кристаллообразования. Экспериментальная и техническая минералогия.
2. Расплавные методы роста ювелирных монокристаллов. Условия, особенности, физхимия процессов, аппаратура и оснастка.
3. Раствор-расплавные методы роста. Условия, особенности, физхимия процессов, аппаратура и оснастка. Особенности массопереноса в расплавах.
4. Гидротермальные методы роста. Условия, особенности, физхимия процессов и оборудование для гидротермального процесса. Активаторы раствора и их роль в процессе роста.
5. Химические методы синтеза ювелирных материалов (на примере опала, малахита и бирюзы). Обменные химические реакции, процессы гидролиза и др. Роль термодинамических факторов, рН, Eh и концентрации реагентов на смещение равновесия и скорость синтеза ювелирных материалов.

Раздел 4. Технология ювелирного производства

1. Введение в технологию ювелирного производства. Цели и задачи, предмет изучения. Исторические аспекты ювелирного производства.
2. Металлические материалы. Чистые металлы, сплавы благородных и неблагородных металлов. Общий обзор свойств металлов и сплавов, их внутреннее строение. Растворимость металлов. Диаграммы состояния сплавов. Двухфазные и тройные системы. Химические вещества, применяемые в ювелирном производстве.
3. Основные этапы и стадии подготовительных работ. Весы и определение веса. Пробирный анализ благородных металлов и сплавов. Отделение металлов. Процесс

плавки и плавильное оборудование. Флюсы. Технологии литья. Процесс затвердевания расплава.

4. Прокатка и волочение. Сущность процесса деформации металлов. Старение сплавов. Рекристаллизация. Окисление при нагреве. Контроль подготовительных работ, измерительные инструменты и приборы. Технологияковки ювелирных изделий. Гибка. Деформация и изменение структуры металлов при гибки. Проволочногибочные и листогибочные работы. Разрезание и распиливание. Опиливание. Технология сверления и фрезерования. Гравирование. Выколотка и чеканка. Технология холодной листовой штамповки Травильные растворы и технология процесса травления.

5. Пайка. Основные понятия, припои и флюсы. Технологии пайки мягким и твердым припоем. Сущность грануляции и её методы. Технология выполнения штифтовых и заклепочных соединений. Резьбовые соединения. Шлифование и полирование. Сущность процессов, основные понятия, оборудование и инструменты. Крацевание и матировка. Методы поверхностной обработки сплавов – окраска, очистка, оксидирование и др. Чернение.

6. Гальванотехника. Гальванические процессы и технология гальванических покрытий. Родирование, золочение, серебрение. Эмалирование. Виды эмалей и технологический процесс эмалирования. Инкрустация. Подготовка изделий к закрежке камней. Виды оправ и технология их изготовления. Кастовые и царговые оправы. Корнеровые оправы. Технология закрежки ювелирных камней. Обработка изделий после закрежки. Подвижные соединения. Звеньевые и шарнирные соединения. Штифтовые соединения. Замки для ювелирных изделий.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать:					
1	- Основы современных технологий обработки ювелирных камней и материалов и их физико-химические аспекты.		+	+		
2	- Методы модифицирования природных и искусственных ювелирных камней и материалов.			+	+	
3	- Особенности технологии производства искусственных ювелирных камней и их имитаций.				+	
4	- Технологию современного ювелирного производства					+
	Уметь:					
5	- Обрабатывать ювелирные камни по различным технологическим схемам и контролировать качество получаемой продукции.		+	+		
6	- Модифицировать(облагораживать) свойства (цвет, качество и др. свойства) природных и искусственных ювелирных камней и материалов с использованием современных методов, а также предлагать новые перспективные методы воздействий с .			+	+	
7	- Выполнять простые операции по ювелирному производству.					+
	Владеть:					
8	- Навыком механической обработки ювелирных камней		+			
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:						
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК				
9	ПК-3. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники	ПК-3.3. Умеет применять аналитические и численные методы в области получения новых материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники.	+	+	+	+
10	ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции	+	+	+	+
11	измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализ	ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты.	+	+	+	+

12		ПК-1.3. Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом.	+	+	+	+	
13	ПК-4. Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники	ПК-4.1. Знает технологическое оборудование для производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники и правила его эксплуатации.			+	+	+
14		ПК-4.2. Умеет подбирать технологические параметры процесса производства материалов и приборов электронной техники и нанoeлектроники	+	+	+	+	

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 18.03.01 Химическая технология, профиль «Химическая технология материалов электроники» предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине «Химическая технология ювелирных материалов» в объеме 16 часов (0,5 зач. ед.). Практические занятия проводятся под руководством преподавателей и направлены на углубление теоретических знаний, полученных студентом на лекционных занятиях, расширение знаний в области теории кристаллизации.

Примерный перечень практических занятий

№ пп	Раздел	Темы практических занятий	Часы
1	4	Весы и определение веса. Пробирный анализ благородных металлов и сплавов. Отделение металлов. Процесс плавки и плавильное оборудование. Флюсы. Технологии литья. Процесс затвердевания расплава.	2
2		Прокатка и волочение. Технологияковки ювелирных изделий. Гибка, проволочногибочные и листогибочные работы. Разрезание и распиливание. Опиливание. Технология сверления и фрезерования. Выколотка и чеканка. Технология холодной листовой штамповки Сущность процесса деформации металлов.	3
3		Пайка. Основные понятия, припой и флюсы. Технологии пайки мягким и твердым припоем. Сущность грануляции и её методы.	2
4		Технология выполнения штифтовых и заклепочных соединений. Резьбовые соединения. Шлифование и полирование. Крацевание и матировка. Методы поверхностной обработки сплавов – окраска, очистка, оксидирование и др. Чернение. Травильные растворы и технология процесса травления. Гальванотехника. Гальванические процессы и технология гальванических покрытий. Родирование, золочение, серебрение.	3
5		Подготовка изделий к закрепке камней. Виды оправ и технология их изготовления. Кастовые и царговые оправы. Корнеровые оправы. Технология закрепки ювелирных камней. Обработка изделий после закрепки. Подвижные соединения. Звеньевые и шарнирные соединения. Штифтовые соединения. Замки для ювелирных изделий.	3
6		Эмалирование. Виды эмалей и технологический процесс эмалирования. Инкрустация. Гравирование.	3

6.2. Лабораторные занятия

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 18.03.01 Химическая технология, профиль «Химическая технология материалов электроники» предусмотрено проведение лабораторных работ по дисциплине «Химическая технология ювелирных материалов» в объеме 16 часов (0,5 зач. ед.). Лабораторные работы проводятся под руководством преподавателей и направлены на углубление теоретических знаний, полученных студентом на лекционных занятиях, расширение знаний в области теории кристаллизации.

Примерный перечень лабораторных занятий

№ пп	Раздел	Темы лабораторных занятий	Часы
1	1, 2,3	Влияние различных факторов на процесс шлифования. Скорость вращения инструмента, нагрузка, Сож.	2
2		Моделирование огранки в программе GemCadWin	2
3		Модифицирование окраски дымчатого кварца методом термообработки.	3
4		Процессы импрегнирования ювелирных камней. Свойства полимерных композиций.	3
5		Радиационные методы облагораживания. Облучение природного горного хрусталя.	3
6		Синтез ювелирных материалов на примере малахита методом обменных химических реакций	3

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «Химическая технология ювелирных материалов» предусмотрена самостоятельная работа студента в объеме 80 акад. час., в том числе самостоятельное изучение разделов дисциплины в объеме 40 акад. час., подготовка и защита реферата 40 акад. час.

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;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике курса;
- подготовку к сдаче экзамена.

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

8.1. Примерная тематика реферативных работ.

Реферат оценивается из 20 баллов

1. Полировка пластин монокристаллического корунда.
2. Огранка ювелирных камней группы берилла.
3. Гамма-облучение ювелирных камней.
4. Термообработка ювелирных камней группы корунда.
5. Производство искусственного малахита.

8.2 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Каждый раздел заканчивается контрольной работой. Всего планируется провести четыре контрольные работы. Вопросы к контрольным работам будут использованы из соответствующих разделов. Каждая работа состоит из одного вопроса и оценивается в 10 баллов.

Примеры контрольных вопросов

Раздел 1. Технология обработки

1. Определение природных и синтетических ювелирных кристаллов и материалов. Современная технологическая классификация.
2. Методы сортировки и разметки сырья. Основные технологические приемы.
3. Физический смысл процессов шлифования и полирования, понятие структурно-нарушенного слоя (СНС), методы выявления и изучения СНС. Факторы, влияющие на параметры СНС.
4. Смазывающе-охлаждающие жидкости. Роль СОЖ и её химической природы в процессах шлифования. Влияние СОЖ на скорость шлифования и параметры шлифования.
5. Процесс огранения. Компьютерное моделирование огранки с учетом оптических и механических свойств обрабатываемого материала.
6. Контроль качества обработки, основные методы и особенности.
7. Особенности организации предприятий по обработке и производству ювелирных камней и материалов. Техника безопасности и утилизация химических отходов производства.

Раздел 2. Технология облагораживания.

8. Определение облагораживания. Цели и задачи. Методы облагораживания, оборудование. Правила СИВЮ относительно облагороженных ювелирных камней.
9. Определение качественных характеристик природных кристаллов. Понятие о сортности и критерии выделения сортов материалов. Классификация дефектов в природных ювелирных кристаллах.
10. Определение цветовых характеристик ювелирных кристаллов. Понятие о цвете, как о физическом свойстве материала. Понятие о хромофорных центрах, локализация хромофорных примесей, методы определения хромофорных центров, микрохимических анализ.
11. Определение цвета ювелирных кристаллов по системе оценки цвета, разработанной Геммологическим институтом Америки (GIA) с помощью комплекта цветных эталонов GIA GemSet.
12. Классификация методов модифицирования качественных характеристик ювелирных монокристаллов.
13. Классификация методов модифицирования цветовых характеристик ювелирных монокристаллов.
14. Термообработка и механизм изменения цвета ювелирных камней.
15. Ионная имплантация, «ионное перемешивание»,
16. НРНТ, НТЛР.
17. Облучение: УФ-излучением, рентгеновским излучением, гамма-излучением.
18. Облучение: электронное, протонное, нейтронное, потоком альфа-частиц.
19. Модифицирование драгоценных камней (алмаз, сапфир, изумруд и др.).
20. Химическое крашение и применение органических красителей.
21. Физико-химические методы: суть процессов пропитки и импрегнирования.
22. Рентабельность процесса облагораживания, выбор методов модифицирования на

различных примерах.

Раздел 3. Технология драгоценных монокристаллов

23. Цели и задачи получения синтетических ювелирных материалов.
24. Расплавные методы роста ювелирных монокристаллов.
25. Газопламенный метод роста ювелирных монокристаллов и оборудование для него.
26. Методы зонной плавки на примере метода Багдасарова.
27. Метод Киропулуса и оборудование для него.
28. Раствор-расплавные методы роста и используемая аппаратура.
29. Гидротермальные методы роста на примере получения монокристаллического кварца и его ювелирных разновидностей.
30. Химические методы синтеза ювелирных материалов.
31. Получение ювелирного благородного опала, оборудование для его производства.
32. Оборудование для получения искусственной бирюзы.

Раздел 4. Технология ювелирного производства

33. Цели и задачи ювелирного производства, предмет изучения.
34. Металлические материалы. Чистые металлы, сплавы благородных и неблагородных металлов. Общий обзор свойств металлов и сплавов, их внутреннее строение.
35. Растворимость металлов. Диаграммы состояния сплавов. Двухфазные и тройные системы. Химические вещества, применяемые в ювелирном производстве.
36. Пробирный анализ благородных металлов и сплавов. Пробирное дело в России.
37. Процесс плавки и плавильное оборудование. Флюсы. Технологии литья. Процесс затвердевания расплава.
38. Прокатка и волочение. Сущность процесса деформации металлов.
39. Рекристаллизация. Окисление при нагреве.
40. Разрезание и распиливание. Опиливание. Технология сверления и фрезерования.
41. Травильные растворы и технология процесса травления.
42. Пайка. Основные понятия, припой и флюсы. Технологии пайки мягким и твердым припоем.
43. Шлифование и полирование. Сущность процессов, основные понятия, оборудование и инструменты.
44. Гальванотехника. Гальванические процессы и технология гальванических покрытий. Родирование, золочение, серебрение.
45. Эмалирование. Виды эмалей и технологический процесс эмалирования.
46. Подготовка изделий к закреплению камней. Виды оправ и технология их изготовления. Технология заделки ювелирных камней.
47. Обработка изделий после заделки. Подвижные соединения. Звеньевые и шарнирные соединения. Штифтовые соединения. Замки для ювелирных изделий.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины

8.3.1 Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (8 семестр – экзамен)

Итоговый контроль по разделам дисциплины проводится в форме устного экзамена. Билет для проведения экзамена содержит 2 вопроса, максимальная оценка за каждый вопрос – 20 баллов. Общая оценка складывается путем суммирования оценок за контрольные работы (четыре работы, максимум за работу – 10 баллов), реферат

(максимум 20 баллов) и ответ на экзамене (максимум 40 баллов). Максимальная оценка зачета – 100 баллов.

Пример билета к экзамену.

<i>«Утверждаю»</i> <i>Зав.кафедрой</i> _____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 18.03.01 Химическая технология Профиль «Химическая технология материалов электроники»
	Химическая технология ювелирных материалов
Билет № 1	
1. Технология изготовления КР-57	
2. Газопламенный метод роста ювелирных монокристаллов и оборудование для него.	

9 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Лившиц, В. Б. Художественное материаловедение: ювелирные изделия : учебное пособие для академического бакалавриата / В. Б. Лившиц, В. И. Куманин, М. Л. Соколова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 216 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-05618-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://biblio-online.ru/bcode/439024> (дата обращения: 06.04.2023).
2. Ахметшин Э.А., Чередниченко А.Г.. Технология облагораживания ювелирных камней и материалов. Химическое крашение: Учебное пособие.- М.:РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017.-60с.
3. Ахметшин Э.А., Чередниченко А.Г.. Технология облагораживания ювелирных камней и материалов. Применение пигментов и химическое травление Учебное пособие.- М.:РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017.-60с.
4. А. А. Майер. Процессы роста кристаллов. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 1999

Б) Дополнительная литература

1. Николаев А.Г., Лопатин О.Н. Методы синтеза и облагораживания ювелирных камней: Учебно- методическое пособие / А.Г. Николаев, О.Н. Лопатин. - Казань: Казанский университет, 2011. - 40 с.
2. Гулоян Ю.А. Технология стекла и стеклоизделий. Владимир: Транзит-ИКС, 2015. 712 с.
3. Здорик Т.Б., Фельдман Л.Г. Минералы и горные породы. Т.1. Ювелирные камни и драгоценные металлы. М.: Изд-во «АВФ», 1998. 752 с.
4. П. Рид Геммология. М., Мир: ООО «Издательство АСТ», 2003 -366с
5. О.Б. Петрова, И.Х. Аветисов, И.В. Степанова. Методические указания по выполнению расчетов технологических процессов в производстве материалов

электроники и нанoeлектроники: учебно-методическое пособие (учебное пособие), РХТУ, 2015, Москва, ISBN 978-5-7237-1263-8, 60 с.

6. Балицкий В.С., Лисицына Е.Е. Синтетические аналоги и имитации природных драгоценных камней. М., Недра, 1981.

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет

- <http://lib.muotr.ru/> - Электронно-библиотечная система ИБЦ РХТУ им. Д.И.Менделеева.
- <http://e.lanbook.com> - ЭБС «Лань».
- <http://onlinelibrary.wiley.com/> - Издательство Wiley.
- 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.
- <https://biblio-online.ru/> - ЭБС «ЮРАЙТ».
- <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 лекций – 12, (общее число слайдов – 240);
- коллекция ограненных камней различных по: типу и качеству огранки (25 камней); по методу модифицирования (40 камней)

- коллекция выращенных различными методами искусственных кристаллов (70 кристаллов)
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 47);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 47).

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 01.01.2023 составляет 1 727 628 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 «Химическая технология ювелирных материалов» проводятся в форме лекций, практических и лабораторных занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная 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.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

- Комплекты плакатов к разделам лекционного курса;
- коллекция ограненных камней различных по: типу и качеству огранки; по методу модифицирования;
- коллекция выращенных различными методами искусственных кристаллов (70 кристаллов).

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; альбомы и рекламные проспекты с основными видами и характеристиками стекол и стеклоизделий.

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.

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование раздела	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Технология обработки с основами технологии огранения	<i>Знает:</i> <ul style="list-style-type: none">- Физико-химические аспекты современных технологий механической обработки ювелирных камней и материалов; <i>Умеет:</i> <ul style="list-style-type: none">- Разрабатывать технологические схемы обработки ювелирных камней с учетом физико-химических аспектов процесса.- Осуществлять контроль качества получаемой продукции <i>Владеет:</i> <ul style="list-style-type: none">- способностью к критическому анализу и оценке современных технологических решений по обработке ювелирных камней и материалов	Контрольная работа 1 Реферат Оценка за экзамен
Технология облагораживания ювелирных камней и материалов	<i>Знает:</i> <ul style="list-style-type: none">- Методы модифицирования свойств природных и искусственных ювелирных камней и материалов.- Особенности технологии	Контрольная работа 2 Оценка за экзамен

	<p>облагораживания природных ювелирных камней химическими методами.</p> <p><i>Умеет:</i></p> <p>- Модифицировать (облагораживать) свойства (цвет, качество и др. свойства) природных и искусственных ювелирных камней и материалов с использованием современных методов, а также предлагать новые перспективные методы.</p> <p><i>Владеет:</i></p> <p>- Навыком облагораживания ювелирных камней.</p>	
<p>Технология драгоценных монокристаллов - получение искусственных камней и материалов</p>	<p><i>Знает:</i></p> <p>- Методы модифицирования свойств природных и искусственных ювелирных камней и материалов.</p>	<p>Контрольная работа 3 Оценка за экзамен</p>
<p>Технология ювелирного производства</p>	<p><i>Умеет:</i></p> <p>- Выполнять простые операции по ювелирному производству.</p>	<p>Контрольная работа 4 Оценка за экзамен</p>

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
«Химическая технология ювелирных материалов»
основной образовательной программы**

18.03.01 «Химическая технология»

Профиль – «Химическая технология материалов электроники»

«Основная образовательная программа высшего образования – программа бакалавриата»

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.



РХТУ им. Д.И. Менделеева
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Владелец: *Комарницкая Елена Анатольевна*
Проректор по образованию,
Ректорат

Подписан: 02:07:2025 15:42:42