

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

---

Химический факультет  
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
решением ученого совета ННГУ  
протокол от

**Рабочая программа дисциплины**

Высокочистые материалы для современной  
техники

---

*(наименование дисциплины (модуля))*

Уровень высшего образования  
специалитет

---

*(бакалавриат / магистратура / специалитет)*

Направление подготовки / специальность  
04.05.01 – Фундаментальная и прикладная химия

---

*(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)*

Направленность образовательной программы  
Неорганическая химия

---

*(указывается профиль / магистерская программа / специализация)*

Форма обучения  
очная

---

*(очная / очно-заочная / заочная)*

Нижегород

2022 год

## Лист актуализации

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры

Протокол от \_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 20\_\_ -20\_\_ учебном году на заседании кафедры

Протокол от \_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 20\_\_ -20\_\_ учебном году на заседании кафедры

Протокол от \_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 20\_\_ -20\_\_ учебном году на заседании кафедры

Протокол от \_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, является дисциплиной профессионального цикла, является дисциплиной по выбору. Индекс дисциплины Б1.В.03.ДВ.05.01.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ПК-1-н . Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в области неорганической химии, и/или смежных с химией науках	ПК-1-н-1. Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий	<u>Уметь</u> связывать ключевые стадии процессов получения оптических материалов с оптическими, физическими и химическими свойствами веществ. <u>Знать</u> главные задачи и объекты исследования дисциплины; основные закономерности физико-химических явлений и процессов, протекающих при получении неорганических материалов с заданными характеристиками. <u>Владеть</u> навыками составления планов научных исследований	Устный опрос, экзамен
	ПК-1-н-2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	<u>Уметь</u> определять экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов. <u>Знать</u> стандартные методы получения, идентификации и исследования свойств веществ и материалов, расчетно-теоретические методы оценки свойств систем, правила обработки и оформления результатов практической работы. <u>Владеть</u> навыками безопасной работы в химической лаборатории; планирования, осуществления процессов синтеза и очистки неорганических веществ и материалов	
ПК-2-н Способен проводить информационные исследования в области	ПК-2-н-1. Проводит поиск специализированной информации в информационных базах данных	<u>Уметь</u> осуществлять корректный поиск специализированной информации по синтезу, очистке и исследованию физико-химических свойств неорганических веществ и материалов <u>Знать</u> основные требования	Устный опрос, экзамен

неорганической химии и/или смежных с химией науках		информационной безопасности при сборе, анализе, обработке и представлении информации. <u>Владеть</u> навыками работы с информационными базами данных (в т.ч. патентными базами данных) для поиска специализированной информации по свойствам, методам получения, очистки и анализа неорганических веществ и материалов	
	<b>ПК-2-н-2.</b> Анализирует и обобщает результаты поиска по тематике проекта в области неорганической химии и/или смежных с химией науках	<u>Уметь</u> составлять отчеты по результатам информационного поиска по тематике научно-исследовательской работы по заданной форме. <u>Знать</u> основные требования представления информации химического содержания с учетом требований библиографии. <u>Владеть</u> навыками анализа, обобщения и представления результатов информационного поиска по тематике проекта в области неорганической химии, химического материаловедения и/или смежных с химией науках.	
<b>ПК-3-н.</b> Способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в области неорганической химии и/или смежных с химией науках	<b>ПК-3-н-1.</b> Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными	<u>Уметь</u> систематизировать информацию, полученную в ходе НИР. <u>Знать</u> основные способы систематизации результатов, полученных в ходе НИР. <u>Владеть</u> методами анализа и обобщения информации и ее сопоставления с литературными данными.	Устный опрос, беседа
	<b>ПК-3-н-2.</b> Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов	<u>Уметь</u> определять возможные направления развития работ. <u>Знать</u> способы оценки перспектив практического применения полученных результатов. <u>Владеть</u> методами определения возможных направлений развития работ и оценки перспектив практического применения результатов.	
<b>ПК-1-о.</b> Способен организовывать работу коллектива по решению задач НИР в области неорганической химии, готовить нормативную и отчетную	<b>ПК-1-о-1.</b> Планирует и организует работу коллектива в рамках научных и научно-технических проектов	<u>Уметь</u> планировать и организовывать работу коллектива в рамках научных и научно-технических проектов. <u>Знать</u> приемы планирования и организации работы коллектива в рамках научных и научно-технических проектов. <u>Владеть</u> элементами планирования и организации работы коллектива в рамках научных и научно-технических проектов.	Устный опрос, беседа

документацию	<p><b>ПК-1-о-2.</b> Осуществляет оперативный контроль за выполнением работ и состоянием рабочих мест</p>	<p><i>Уметь</i> выполнять оперативный контроль за выполнением работ и состоянием рабочих мест, обеспечивать безопасность работы.</p> <p><i>Знать</i> основные приемы безопасной работы при выполнении экспериментальных исследований.</p> <p><i>Владеть</i> приемами безопасной работы при выполнении экспериментальных исследований.</p>	
	<p><b>ПК-1-о-3.</b> Анализирует результаты деятельности коллектива и вносит предложения по ее совершенствованию</p>	<p><i>Уметь</i> анализировать результаты работы коллектива и подготавливать предложения по ее совершенствованию.</p> <p><i>Знать</i> приемы анализа результатов работы коллектива для подготовки предложений по ее совершенствованию.</p> <p><i>Владеть</i> элементами анализа результатов работы коллектива для подготовки предложений по ее совершенствованию.</p>	
	<p><b>ПК-1-о-4.</b> Разрабатывает, внедряет и осуществляет меры контроля за соблюдением подчиненными работниками производственной дисциплины, выполнением трудовых функций, регламентов, эксплуатационных инструкций</p>	<p><i>Уметь</i> разрабатывать, внедрять и осуществлять меры контроля за соблюдением подчиненными работниками производственной дисциплины, выполнением трудовых функций, регламентов, эксплуатационных инструкций.</p> <p><i>Знать</i> содержание основных мер производственной дисциплины и трудовых функций.</p> <p><i>Владеть</i> приемами разработки, внедрения и контроля за соблюдением производственной дисциплины и выполнением трудовых функций и регламентов при выполнении экспериментальных работ.</p>	
	<p><b>ПК-1-о-5.</b> Организует обучение подчиненных работников безопасным приемам и методам труда</p>	<p><i>Уметь</i> организовывать взаимодействие коллег, обеспечивающее безопасность работы.</p> <p><i>Знать</i> основные способы организации безопасной работы при выполнении экспериментальных исследований.</p> <p><i>Владеть</i> приемами организации безопасной работы при выполнении экспериментальных исследований.</p>	

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения	очно-заочная форма обучения	заочная форма обучения
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>9 ЗЕТ</b>		
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>324</b>		
<b>в том числе</b>			
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>			
- занятия лекционного типа	<b>64</b>		
- занятия семинарского типа	<b>96</b>		
- занятия лабораторного типа	<b>96</b>		
<b>самостоятельная работа</b>	<b>30</b>		
<b>Промежуточная аттестация – экзамен</b>	<b>36</b>		

### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)			в том числе												Самостоятельная работа обучающегося, часы		
				Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы														
				из них														
	Очная	Очно-заочная	Заочная	Занятия лекционного типа			Занятия семинарского типа			Занятия лабораторного типа			Всего					
Очная				Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	
Раздел 1. Летучие неорганические соединения как источник высокочистых веществ и материалов	143			32						96			128			15		
Раздел 2. Высокочистые материалы для инфракрасной оптики	143			32			96						128			15		
Итого	286			64			96			96			256			30		

## **Раздел 1. Летучие неорганические соединения как источник высокочистых веществ и материалов**

Неорганические гидриды, галиды, металлоорганические соединения и металлокомплексы как важнейшие классы летучих соединений. Понятие летучего вещества. Практическое использование и значение высокочистых летучих соединений металлов. Понятие высокочистого вещества и его история. Способы выражения содержания примесей в высокочистых веществах. Классификация химических продуктов. Квалификации химических реактивов и высокочистых веществ. Высокочистые летучие вещества в непроизводственных условиях. Проблема тары, фасовки и упаковки. Условия хранения и транспортировки высокочистых летучих веществ. Подготовка образца для дальнейшей работы с ним.

Выставка-коллекция высокочистых веществ. Цели и задачи выставки-коллекции. Современное состояние выставки-коллекции. Примесный состав высокочистых летучих веществ.

**Летучие неорганические гидриды.** Классификация и номенклатура гидридов. Методы получения гидридов и их примесный состав. Определение примесей в высокочистых гидридах газохроматографическим и масс-спектрометрическим методами. Техника работы с высокочистыми летучими гидридами. Методы очистки гидридов химическими, сорбционными, дистилляционными и мембранными методами. Применение высокочистых гидридов.

**Летучие галогениды металлов.** Неорганические хлориды. Методы получения летучих хлоридов. Примесный состав летучих хлоридов и факторы, его определяющие. Определение примесей в высокочистых летучих хлоридах масс-спектрометрическим, газохроматографическим и химико-спектральными методами. Физико-химические методы определения примесей в летучих хлоридах в водных растворах. Техника работы с летучими хлоридами. Важнейшие представители летучих хлоридов и химические методы их очистки. Применение физико-химических методов для очистки летучих хлоридов. Применение высокочистых хлоридов.

Летучие неорганические фториды, бромиды и иодиды. Важнейшие представители. Методы их получения и очистки. Применение.

**Металлоорганические соединения и металлокомплексы.** Карбонилы металлов. Строение и номенклатура карбонилов. Методы получения и очистки карбонилов. Применение карбонилов.

Металлоорганические соединения. Химическая связь углерод–металл и понятие металлоорганического соединения. Методы получения металлоорганических соединений. Методы очистки металлоорганических соединений. Применение металлоорганических соединений для получения простых веществ и бинарных соединений.

Металлокомплексы. Понятие металлокомплекса и их строение,  $\sigma$ - и  $\pi$ -Комплексы. Хелаты. Металлокомплексы, координированные атомами кислорода, азота и серы. Дикетонаты, алкоголяты, карбоксилаты. Гексаметилдисилазанаты. Диалкилдитиокарбаматы. Методы получения лигандов и металлокомплексов. Влияние природы лиганда на летучесть металлокомплексов. Методы очистки металлокомплексов. Определение примесей в металлокомплексах газо-хроматографическим и химико-спектральными методами. Применение металлокомплексов для получения высокочистых материалов.

Бис-арильные и бис-циклопентадиенидные комплексы как представители  $\pi$ -комплексов металлов. Методы их получения, очистки и применение для получения простых веществ и бинарных соединений.

## Раздел 2. Высокочистые материалы для инфракрасной оптики

**Инфракрасное излучение тел. Источники ИК излучения. Классификация и общая характеристика материалов для инфракрасной оптики.** Природа инфракрасного (ИК) излучения. Спектр и свойства ИК излучения. Естественные и искусственные источники ИК излучения. Эталонные источники ИК излучения. Источники излучения для технических применений. ИК лазеры. Классификация и общая характеристика материалов для инфракрасной оптики.

**Кристаллические, керамические и стеклообразные ИК – материалы. Свойства. Применение.** Строение, особенности получения и использования кристаллических и стеклообразных ИК - материалов. Галиды щелочных металлов (ЩГК – NaCl, KCl, KBr, CsBr, CsI). Фториды щелочноземельных металлов (CaF<sub>2</sub>, MgF<sub>2</sub>, BaF<sub>2</sub>). Полупроводниковые оптические кристаллы. Простые (германий, кремний, углерод(алмаз), теллур, селен). Сложные полупроводниковые материалы A<sub>2</sub>B<sub>6</sub> (ZnSe, ZnS, CdS, TeCd), A<sub>3</sub>B<sub>5</sub> (AsGa, InAs, InF и др.). Другие классы материалов, применяемых в ИК – оптике.

**Методы получения ИК – материалов в виде массивных кристаллических заготовок.** Физико-химические основы методов получения ИК материалов в виде массивных заготовок. Выращивание из расплава. Выращивание из раствора в расплаве. Выращивание кристаллов из водных растворов. Гидротермальный метод. Физическое осаждение из пара (сублимация в высоком вакууме, PVD). Горячее прессование. Метод химического осаждения из газовой фазы (CVD). Кинетические закономерности CVD – процессов. Гетерогенная кинетика и массоперенос. Структура и однородность CVD-осадков. Влияние условий осаждения на морфологию и кристаллическую структуру CVD-материалов. Сравнительная характеристика методов и особенности получения крупногабаритных заготовок.

**Оптические свойства инфракрасных материалов. Поглощение и рассеяние электромагнитного излучения в оптических средах.** Оптические свойства инфракрасных материалов. Поглощение и рассеяние электромагнитного излучения в оптических средах. Механизм возникновения оптических потерь. Собственные оптические потери. Собственное и решеточное поглощение. Поглощение на свободных носителях. Собственные потери на рассеяние. Несобственные оптические потери. Влияние примесей на поглощение. Оптические потери, связанные с колебательными переходами. Оптические потери, связанные с рассеянием на крупных включениях. Высокопрозрачные материалы для ИК – оптики.

**3.2.5. Материалы для ИК–лазеров. Стойкость оптических материалов к лазерному излучению.** Механизмы разрушения материалов под воздействием лазерного излучения. Критерии лучевой прочности материалов. Классификация лазерных материалов. Перспективные материалы для окон мощных инфракрасных лазеров. Получение тонкопленочных ИК материалов и их свойства. Функциональное назначение покрытий (интерференционные, защитные покрытия). Требования к покрытиям, методы получения и расчет интерференционных покрытий. Разработка методик получения интерференционных покрытий на ОЭ.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, лабораторного типа, групповых или индивидуальных консультаций.

Промежуточная аттестация проходит традиционной форме зачета в виде ответа обучающегося на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой), решении практических задач и последующим собеседованием в рамках тематики курса. По итогам проведения зачета определяется уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине, уровень понимания студентами изученного материала, способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.



#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов включает работу в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях) и в домашних условиях, с доступом к ресурсам Интернет для подготовки к собеседованию и лабораторным работам.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

#### 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

##### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала.  Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.  Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения	При решении стандартных задач не продемонстрированы	Имеется минимальный	Продemonстрированы базовые	Продemonстрированы базовые	Продemonстрированы навыки	Продemonстрирован творческий подход к

	материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	ированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	решению нестандартных задач
--	--	--	---	--	--	---	-----------------------------

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

5.2.1 Контрольные вопросы к разделу 1.

вопросы	Код формируемой компетенции
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Методы получения и примесный состав летучих неорганических гидридов.</li> <li>2. Методы очистки летучих гидридов.</li> <li>3. Техника работы с летучими гидридами.</li> <li>4. Методы получения высокочистых простых веществ из летучих гидридов.</li> <li>5. Методы получения и очистки летучих хлоридов.</li> <li>6. Техника работы с летучими хлоридами.</li> <li>7. Факторы, определяющие примесный состав летучих хлоридов.</li> <li>8. Определение примесей в высокочистых летучих хлоридах масс-спектрометрическим, газохроматографическим и химико-спектральным методами.</li> <li>9. Получение высокочистых простых веществ и оксидов из летучих хлоридов.</li> <li>10. Получение и очистка летучих иодидов.</li> <li>11. Техника работы с карбонилами элементов.</li> <li>12. Методы получения и очистки карбониллов.</li> <li>13. Техника работы с металлоорганическими соединениями.</li> <li>14. Методы получения металлоорганических соединений.</li> <li>15. Методы получения лигандов и металлокомплексов.</li> </ol>	<b>ПК-1-н</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные классы летучих неорганических соединений.</li> <li>2. Понятие летучего вещества.</li> <li>3. Выставка-коллекция высокочистых веществ.</li> <li>4. Достигнутый уровень чистоты летучих веществ.</li> <li>5. Классификация и номенклатура гидридов.</li> <li>6. Общие свойства летучих гидридов.</li> <li>7. Общие свойства летучих хлоридов элементов.</li> <li>8. Строение и номенклатура карбониллов.</li> <li>9. Химические свойства карбониллов элементов.</li> <li>10. Классификация и строение металлокомплексов.</li> <li>11. Строение и свойства алколюлятов элементов.</li> <li>12. Строение и свойства амидов металлов и их производных.</li> <li>13. Строение и свойства карбоксилатов металлов и их аналогов.</li> <li>14. Проблема устойчивости металлокомплексов и пути ее решения.</li> <li>15. Проблема летучести металлокомплексов и пути ее решения.</li> <li>16. Проблема тары, фасовки, упаковки и транспортировки при работе с высокочистыми веществами.</li> </ol>	<b>ПК-2-н</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Применение летучих гидридов для получения высокочистых простых веществ.</li> <li>2. Применение летучих гидридов для получения высокочистых оксидов элементов.</li> <li>3. Применение летучих гидридов для получения полупроводниковых материалов.</li> <li>4. Применение летучих хлоридов для получения простых веществ.</li> <li>5. Применение хлоридов элементов для получения высокочистых оксидов</li> </ol>	<b>ПК-3-н</b>

<p>элементов для волоконной оптики.</p> <p>6. Применение летучих бромидов для получения простых веществ.</p> <p>7. Применение летучих йодидов для получения высокочистых титана, циркония, гафния.</p> <p>8. Применение летучих йодидов для получения высокочистых оксидов элементов.</p> <p>Применение летучих йодидов элементов для получения халькогенидных стекол.</p> <p>9. Применение карбониллов для получения металлов и сплавов.</p> <p>10. Применение карбониллов для получения металлических покрытий и нитевидных кристаллов.</p> <p>11. Применение металлоорганических соединений для получения простых веществ и бинарных соединений.</p> <p>12. Применение металлокомплексов для получения высокочистых материалов.</p>	
--	--

### 5.2.1 Контрольные вопросы (задания) к разделу 2.

<i>вопросы</i>	<i>Код формируемой компетенции</i>
<p><b>Тема 1. Введение. Инфракрасное излучение тел. Источники ИК – излучения. Классификация и общая характеристика материалов для инфракрасной оптики</b></p> <p>Спектр и свойства инфракрасного (ИК) излучения. Инфракрасное излучение нагретых тел. Материалы для ИК – техники. Классификация ИК–материалов. Кристаллические и стеклообразные материалы. Использование ИК – излучения в научных и практических целях. Источники ИК – излучения. Эталонные источники излучения. Источники излучения для технических применений. ИК лазеры. Классификация и общая характеристика материалов для инфракрасной оптики.</p>	<b>ПК-1-н</b>
<p><b>Тема 2. Кристаллические, керамические и стеклообразные ИК – материалы. Свойства. Применение.</b></p> <p>Строение, особенности получения и использования кристаллических и стеклообразных ИК-материалов. Галиды щелочных металлов (ЩГК – NaCl, KCl, KBr, CsBr, CsI). Фториды щелочноземельных металлов (CaF<sub>2</sub>, MgF<sub>2</sub>, BaF<sub>2</sub>). Полупроводниковые оптические кристаллы. Простые (германий, кремний, углерод(алмаз), теллур, селен). Сложные полупроводниковые материалы A<sub>2</sub>B<sub>6</sub> (ZnSe, ZnS, CdS, TeCd), A<sub>3</sub>B<sub>5</sub> (AsGa, InAs, InF и др.). Другие классы материалов, применяемых в ИК – оптике.</p>	<b>ПК-1-н</b>
<p><b>Тема 3. Методы получения ИК – материалов в виде массивных кристаллических заготовок</b></p> <p>Выращивание массивных заготовок ИК материалов из расплава. Выращивание кристаллов из раствора в расплаве. Выращивание кристаллов из водных растворов. Физико-химические аспекты гидротермального метода. Физическое осаждение из пара (сублимация в высоком вакууме, PVD). Горячее прессование. Метод химического осаждения из газовой фазы (CVD). Кинетические закономерности CVD – процессов. Гетерогенная кинетика и массоперенос. Структура и однородность CVD-осадков. Влияние условий осаждения на морфологию и кристаллическую структуру CVD-материалов. Сравнительная характеристика методов и особенности получения крупногабаритных заготовок.</p>	<b>ПК-2-н</b>

<p><b>Тема 4. Оптические свойства инфракрасных материалов. Поглощение и рассеяние электромагнитного излучения в оптических средах</b>  Оптические свойства инфракрасных материалов. Поглощение и рассеяние электромагнитного излучения в оптических средах. Механизм возникновения оптических потерь. Собственные оптические потери. Собственное и решеточное поглощение. Поглощение на свободных носителях. Собственные потери на рассеяние. Несобственные оптические потери. Влияние примесей на поглощение. Оптические потери, связанные с колебательными переходами. Оптические потери, связанные с рассеянием на крупных включениях.</p>	<p><b>ПК-1-н</b></p>
<p><b>Тема 5. Материалы для ИК – лазеров Стойкость оптических материалов к лазерному излучению</b>  Механизмы разрушения материалов под воздействием лазерного излучения. Критерии лучевой прочности материалов. Классификация лазерных материалов. Перспективные материалы для окон мощных инфракрасных лазеров. Получение тонкопленочных ИК материалов и их свойства. Функциональное назначение покрытий (интерференционные, защитные покрытия). Требования к покрытиям, методы получения и расчет интерференционных покрытий. Разработка методик получения интерференционных покрытий на ОЭ.</p>	<p><b>ПК-2-н</b></p>

### 5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции.

#### Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-1-н:

1. Перечислите признаки, которые можно использовать для классификации методов выращивания объемных ИК-материалов.
2. Какие термодинамические функции возможно использовать для оценки возможности протекания процессов химического осаждения из газовой фазы?
- 3 Назовите основные механизмы примесного поглощения в кристаллах.
4. Опишите виды и требования к тонкопленочным покрытиям на оптических элементах, способы их получения.
5. Назовите отличие в строении и свойствах кристаллических и стеклообразных ИК-материалов
6. Назовите три основных условия, необходимые для работы лазера.
7. Что такое стимулированное излучение и инверсия населенности среды.
8. Перечислите основные классы материалов, которые используют для твердотельных ИК – лазеров.
9. Назовите основные способы накачки, используемые для газовых ИК – лазеров.
10. Опишите принцип работы химических лазеров на примере HF-лазера..
11. Перечислите основные механизмы объемного разрушения лазерных материалов.
12. Какие требования предъявляются к порошкам для оптической керамики.
- 13.Перечислите основные способы получения порошков для синтеза керамических материалов.
14. Что описывает уравнение Томсона-Кельвина.
15. Перечислите основные механизмы, реализуемые при спекании порошковых тел.
16. Что такое «внешнее» и «внутреннее» спекание.
17. Что такое коалесценция пор?
18. Какую информацию можно получить из спектров ИК пропускания и комбинационного рассеяния материалов?

### Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-2-н:

1. На каких физико-химических свойствах основаны методы получения галидов щелочных металлов (ЩГК – NaCl, KCl, KBr, CsBr, CsI).
2. Сравните оптические свойства фторидов щелочноземельных металлов (CaF<sub>2</sub>, MgF<sub>2</sub>, BaF<sub>2</sub>).
3. Каковы характерные особенности свойств простых полупроводниковых оптических кристаллов (германий, кремний) и их использования в ИК оптике?
4. Основные проблемы выращивания массивных материалов (ZnSe, ZnS, CdS, SiC) методом химического осаждения из газовой фазы.
5. В чем отличие метода выращивания кристаллов из расплава от выращивания из раствора в расплаве.
6. Основные физико-химические процессы, происходящие при выращивании кристаллов из расплава.
7. Выбор оптимальных условий для выращивания кристаллов из водных растворов. Объясните на примере диаграммы Оствальда-Майерса.
8. Приведите примеры использования гидротермального метода для синтеза кристаллов.
9. Назовите основные закономерности процессов, происходящих при выращивании кристаллов методом физического осаждения из пара (PVD).
10. В чем отличие метода горячего прессования от искрового плазменного спекания?
11. Опишите основные макрокинетические параметры процессов химического газофазного осаждения.

### 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### а) основная литература:

1. Девярых Г.Г., Карпов Ю.А., Осипова Л.И. Выставка-коллекция веществ особой чистоты.- М., 2003.
2. Девярых Г.Г., Еллиев Ю.Е. Глубокая очистка веществ.- М., 1990.
3. Девярых Г.Г., Бурханов Г.С. Высокочистые тугоплавкие и редкие металлы.- М., 1993.
4. Суглобов Д.Н., Сидоренко Г.В., Легин Е.К. Летучие органические и комплексные соединения f-элементов.- М., 1987.
5. Гавришук Е.М. Материалы для инфракрасной оптики. Получение. Свойства. Применение: Учебное пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2015. – 208 с. Режим доступа: <http://www.lib.unn.ru>
6. Ю. Айхлер, Г.И. Айхлер. Лазеры. Исполнение, управление, применение. М.: Техносфера, 2012. 496 с. Режим доступа: <http://www.lib.unn.ru/php/catalog.php?Index=10&IdField=17152&DB=1>
7. Морозова Н., Мидерос Д., Данилевич Н. Кислород в оптике соединений II-VI. В свете теории антипересекающихся зон. LAP LAMBERT Academic Publishing. Saarbrücken. Германия. 2013. 203 с.

#### б) дополнительная литература:

1. Девярых Г.Г., Зорин А.Д. Летучие неорганические гидриды особой чистоты.- М., 1974.
2. Фурман А.А. Неорганические хлориды (химия и технология).- М., 1980.
3. Ролстен Р. Иодидные металлы и иодиды металлов.- М., 1968.
4. Сыркин В.Г. Карбонильные металлы.- М., 1978.
5. Разуваев Г.А., Грибов Б.Г., Домрачев Г.А., Саламатин Б.А. Металлоорганические соединения в электронике.- М., 1972.
6. Соколов Д.Н. Газовая хроматография летучих комплексов металлов.- М., 1981.

7. Фрайштат Д.М. Производство химических реактивов.- М., 1976.
8. Степин Б.Д., Горштейн И.Г., Блюм Г.З., Курдюмов Г.М., Оглоблина И.П. Методы получения особо чистых неорганических веществ.- Л., 1969.
9. Голь М.М.Руководство по основам стеклотрубопроводного дела. – М., 1969.
10. Горелик С.С., Дашевский М.Я. Материаловедение полупроводников и диэлектриков. М.:МИСИС. 2003. 480 с.
11. Горилецкий В.И., Гринев Б.В., Заславский Б.Г., Смирнов Н.Н. Рост кристаллов. Харьков: Акта. 2002. 536 с.
12. Комарь В.К., Пузиков В.М. Монокристаллы группы АІІВVI. Выращивание, свойства, применение. Харьков: Институт монокристаллов. 2002. 244 с.
13. Гавришук Е.М. Поликристаллический селенид цинка для инфракрасной оптики. Неорганические материалы. 2003. Т.39. №9. С.1031-1049.
14. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Высшая школа. 2000. 494 с.
15. Блистанов А.А. Кристаллы квантовой и нелинейной оптики. М.:МИСИС. 2000. 432 с.
16. Справочник по инфракрасной технике в 4 томах. Под ред. У. Волфа, Г. Цисиса. М. «Мир». 1995 – 2000г.
17. Н. О. Pierson «Handbook of Chemical Vapor Deposition (CVD)». Noyes Publications. William Andrew Publishing, LLC Norwich, New York, U.S.A. 1999. 482 p.
18. Асоченский А.А. Оптические материалы для инфракрасной техники. М.: Наука, 1995. 310 с.
19. Т. Кацуяма, Х. Мацумура. Инфракрасные волоконные световоды // М.:Мир. 1992. 272 с.
20. А.Фельц. Аморфные и стеклообразные неорганические твердые тела. М.: Мир, 1986. 556 с.
21. Криксунов Л. З. Справочник по основам ИК техники. М.:Сов. Радио. 1978. 400 с.
22. Г. Г. Девятых, М. Ф. Чурбанов. Высокочистые халькогены. Монография. Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского университета. 1977. 244 с.
23. Левитин И.Б. Инфракрасная техника. Л.: Энергия. 1973. 160 с.
24. Ж. Панков Оптические процессы в полупроводниках. М.: Мир. 1973. 456 с.
25. Осаждение из газовой фазы. Пер с англ. под ред. К. Пауэлла. М.:Атомиздат. 1970. 472 с.
26. Е. М. Воронкова, Б. Н. Гречушников, Г. И. Дистлер, И. П. Петров Оптические материалы для ИК техники. М.:Наука. 1965. 336 с.

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: ауд. 203 корп. 5 (чтение лекций), ауд. 309 корп. 5 (выполнение практикума).

Оборудование, необходимое для выполнения лабораторных работ:

1. Лабораторная стеклянная посуда, мерная посуда.
2. Стандартное лабораторное оборудование: теххимические весы, вакуумный насос, трубчатые электрические печи.
3. Установка для обработки стекла.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО ННГУ. Приказ ННГУ от 13.05.2020г. № 275-ОД «О введении в действие образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия»

Авторы д.х.н., профессор Е.М.Гаврищук, к.х.н., доцент А.А.Сибиркин

Рецензент д.х.н., профессор Е.В.Сулейманов

Заведующий кафедрой к.х.н., Д.А. Пермин