

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**

**Экспериментальные методы неорганической химии**  
(наименование дисциплины (модуля))

---

Уровень высшего образования  
**бакалавриат /**  
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

---

Направление подготовки / специальность  
**04.03.01 - Химия**  
(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

---

Направленность образовательной программы  
**Химия и материаловедение**  
(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 2023-2024 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 2024-2025 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 2025-2026 учебном году на заседании кафедры

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

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Экспериментальные методы неорганической химии» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 ОПОП по направлению подготовки 04.03.01 «Химия» (Б1.В.03.ДВ.02.01), является дисциплиной по выбору 2 (ДВ.2) для освоения студентами очной формы обучения на четвертом году обучения в седьмом семестре.

## 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**	
<b>ПК-1-н</b>  Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации.	<b>ПК-1-н-1.</b> Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР.	<i>Уметь применять типовые методы синтеза, очистки и характеристики неорганических веществ. Знать современные подходы представления планирования отдельных стадий НИР. Владеть навыками планирования методов получения, очистки и анализа неорганических веществ для решения задач химической направленности.</i>	Устный опрос, зачет, экзамен
	<b>ПК-1-н-2</b> Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИР.	<i>Уметь представлять результаты применения типовых методов синтеза, очистки и характеристики неорганических веществ. Знать современные подходы представления документации, проектов планов и программ отдельных этапов НИР. Владеть навыками реализации и описания методов получения, очистки и анализа неорганических веществ для решения задач химической направленности.</i>	
	<b>ПК-1-н-3.</b> Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР.	<i>Уметь получать и обрабатывать результаты научных экспериментов с помощью современного программного обеспечения. Знать современные подходы к статистической обработке результатов эксперимента и их стандартизированному представлению. Владеть навыками безопасной работы с типовыми и современными приборами для синтеза, очистки и анализа неорганических веществ.</i>	
	<b>ПК-1-н-4.</b> Готовит объекты	<i>Уметь проводить определение химического молекулярного состава веществ и смесей на их основе с использованием серийного</i>	

	исследования.	научного оборудования <u>Знать</u> стандартные операции на современном оборудовании для характеристики неорганических веществ <u>Владеть</u> навыками безопасной работы по синтезу, исследованию химического состава и свойств неорганических веществ и их очистке дистилляционными, кристаллизационными и другими методами.	
<b>ПК-2-н</b> Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы.	<b>ПК-2-н-1.</b> Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т. ч., с использованием патентных баз данных).	<u>Уметь</u> осуществлять корректный поиск первичной информации по синтезу, очистке и анализу неорганических веществ. <u>Знать</u> основные требования информационной безопасности при сборе, анализе, обработке и представлении информации. <u>Владеть</u> навыками работы с базами данных (в т.ч. патентных баз данных) для поиска информации по свойствам, методам получения, очистки и анализа неорганических веществ.	Устный опрос, зачет, экзамен
<b>ПК-3-н</b>  Способен осуществлять контроль качества веществ и материалов.	<b>ПК-3-н-1.</b> Выполняет стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики веществ и материалов.	<u>Уметь</u> выбирать метод исследования для получения необходимой информации при характеризации веществ <u>Знать</u> основополагающие законы разделов физики и химии, необходимые для корректной постановки и проведения экспериментов по изучению состава и свойств неорганических соединений с помощью инструментальных методов. <u>Владеть</u> методиками анализа веществ с использованием современного аналитического оборудования в рамках методов хроматографии.	Устный опрос, зачет, экзамен
	<b>ПК-3-н-2.</b> Составляет отчеты о выполненной работе по заданной форме	<u>Уметь</u> составлять отчеты о выполненной научно-исследовательской работе по заданной форме <u>Знать</u> основные требования представления информации химического содержания с учетом требований библиографии. <u>Владеть</u> навыками представления результатов выполненной работы в виде отчета по стандартной форме.	
<b>ПК-1-г</b> Способен выбирать технические средства и методы испытаний для	<b>ПК-1-г-1.</b> Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИОКР.	<u>Уметь</u> применять типовые методы синтеза, очистки и характеризации неорганических веществ. <u>Знать</u> современные подходы представления планирования отдельных стадий НИОКР. <u>Владеть</u> навыками планирования методов получения, очистки и анализа неорганических веществ для решения задач химической направленности.	Устный опрос, зачет, экзамен

решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации	<b>ПК-1-т-2</b> Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИОКР.	<i>Уметь представлять результаты применения типовых методов синтеза, очистки и характеристики неорганических веществ.</i> <i>Знать современные подходы представления документации, проектов планов и программ отдельных этапов НИОКР.</i> <i>Владеть навыками реализации и описания методов получения, очистки и анализа неорганических веществ для решения задач химической направленности.</i>	
	<b>ПК-1-т-3.</b> Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИОКР.	<i>Уметь получать и обрабатывать результаты научных экспериментов с помощью современного программного обеспечения.</i> <i>Знать современные подходы к статистической обработке результатов эксперимента и их стандартизированному представлению.</i> <i>Владеть навыками безопасной работы с типовыми и современными приборами для синтеза, очистки и анализа неорганических веществ.</i>	
	<b>ПК-1-т-4.</b> Готовит объекты исследования.	<i>Уметь проводить определение химического молекулярного состава веществ и смесей на их основе с использованием серийного научного оборудования</i> <i>Знать стандартные операции на современном оборудовании для характеристики неорганических веществ</i> <i>Владеть навыками безопасной работы по синтезу, исследованию химического состава и свойств неорганических веществ и их очистке дистилляционными, кристаллизационными и другими методами.</i>	

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения	очно-заочная форма обучения
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>10 ЗЕТ</b>	<b>10 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>360</b>	<b>360</b>
<b>в том числе</b>		
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>		
- занятия лекционного типа	<b>64</b>	<b>64</b>
- занятия семинарского типа	<b>64</b>	<b>64</b>
- занятия лабораторного типа	<b>96</b>	<b>96</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>98</b>	<b>98</b>
<b>Промежуточная аттестация – <u>экзамен</u></b>	<b>36</b>	<b>36</b>

### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	в том числе											
	Всего (часы)		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы								Самостоятельная работа обучающегося, часы	
			из них									
	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная		
Занятия лекционного типа											Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа
Тема 1.Введение. Общие вопросы лабораторного эксперимента: техника безопасности, планирование, материалы и оборудование.	14	14	2	2	2	2	4	4	8	8	6	6
Тема 2.Основы техники лабораторного эксперимента. Техника работ с газами, жидкими и твердыми веществами.	17	17	2	2	2	2	4	4	8	8	9	9
Тема 3.Нагревание и охлаждение, измерение и регулирование температуры	18	18	2	2	4	4	6	6	12	12	6	6
Тема 4.Техника работ при пониженном давлении. Вакуум. Приборы для создания и измерения вакуума.	18	18	2	2	4	4	6	6	12	12	6	6
Тема 5.Методы очистки веществ. Классификация веществ по степени чистоты и методов очистки веществ.	16	16	4	4	4	4	2	2	10	10	6	6
Тема 6. Химические методы очистки веществ. Химические транспортные реакции.	16	16	4	4	4	4	2	2	10	10	6	6
Тема7.Дистилляционные методы очистки веществ. Коэффициент разделения (КР). Статические и динамические методы определения КР.	40	40	9	9	6	6	16	16	31	31	9	9
Тема 8. Ректификация. Ректификация в тарельчатых, насадочных, пленочных колоннах. Фактор разделения. ВЭТТ, ВЕП.	38	38	6	6	6	6	16	16	28	28	9	9
Тема 9.Периодическая ректификация. Молекулярная дистилляция	20	20	4	4	6	6	4	4	14	14	6	6

Тема 10. Экстракция. Однократная и многоступенчатая экстракция. Противоточная экстракция.	16	16	4	4	4	4	2	2	10	10	6	6
Тема 11. Кристаллизационные методы очистки веществ. Коэффициент распределения.	36	36	9	9	6	6	12	12	27	27	9	9
Тема 12. Направленная кристаллизация. Зонная плавка.	25	25	7	7	6	6	6	6	19	19	7	7
Тема 13. Противоточная кристаллизация из расплава	22	22	4	4	4	4	8	8	16	16	6	6
Тема 14. Методы исследования химического состава веществ. Газовая хроматография. Масс-спектрометрия. Хромато-масс-спектрометрия.	26	26	5	5	6	6	8	8	19	19	7	7
Итого	322	322	64	64	64	64	96	96	224	224	98	98

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского и лабораторного типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме в виде комплексного экзамена в устной форме в виде ответа обучающегося на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой), решении практических задач и последующим собеседованием в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ.

### **3.3. Лабораторный практикум.**

№ п/п	Наименование лабораторных работ
1	Измерение и регулирование расхода газа
2	Измерение и регулирование температуры
3	Вакуумная техника (получение и измерение вакуума)
4	Дистилляционные методы очистки веществ
5	Определение фактора разделения и числа теоретических тарелок насадочной ректификационной колонны
6	Экстракционные методы очистки веществ.
7	Нормальная направленная кристаллизация
8	Противоточная кристаллизация из расплава.
9	Газохроматографический анализ веществ

#### 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.

##### Перечень учебно-методических разработок для выполнения лабораторных работ:

1. Техника проведения лабораторных работ / Сост. Ю.Б. Зверев, И.В. Руновская, С.Г. Чеснокова, П.Е. Гайворонский. Метод. разработка.- Горький: ГГУ, 1987.- Часть 2. - 20 с.
2. Методы очистки веществ / Сост. Ю.Б.Зверев, И.В. Руновская, С.Г. Чеснокова. - Методическая разработка. – Горький: ГГУ, 1989. - 28 с.
3. Основы вакуумной техники / Сост. Ю.Б.Зверев, Е.М. Гаврищук, И.В. Руновская. - Методическая разработка. - Горький: ГГУ, 1977. - 20 с.
4. Дистилляционные методы очистки веществ / Сост. Трошин О.Ю., Буланов А.Д. Электронное учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2015. – 18 с.  
Режим доступа [http://www.unn.ru/books/met\\_files/Distillation.doc](http://www.unn.ru/books/met_files/Distillation.doc)
5. Глубокая очистка веществ кристаллизационными методами. Сост. Еллиев Ю.Е., Сибиркин А.А., Хлопочкина Е.Л. - Методическая разработка. - Нижний Новгород: ННГУ, 1999. 14 с.
6. Газохроматографический анализ веществ. / Сост. А.А. Сибиркин. - Методическая разработка. - Нижний Новгород: ННГУ, 2007. - В 2-х частях: 43 с., 44 с.

К формам текущего контроля успеваемости дисциплины относится следующее:

- Собеседование
- Проверка отчетов по темам лабораторных занятий

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проходит в форме **экзамена**.

К экзамену в 7-ом семестре очной формы обучения и 6-ом семестре очно-заочной формы обучения допускаются обучающиеся, выполнившие лабораторные работы и успешно сдавшие отчеты по темам лабораторных занятий.

Отчеты по лабораторным работам представляют собой отчетный документ о работе студента в течение семестра. Наличие зачтенных преподавателем отчетов является необходимым условием допуска студента к сдаче экзамена по дисциплине. Подготовка отчета также способствует лучшему усвоению материала дисциплины и развивает навыки анализа и обработки научной информации, так как написание отчета требует от студента знаний методического и аппаратного оформления лабораторной работы, правильного представления и обсуждения результатов эксперимента.

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	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно



(индикатора достижения компетенций)	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 материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к 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

Вопросы	Код формируемой компетенции
<b>Тема 1. Введение. Общие вопросы лабораторного эксперимента: техника безопасности, планирование, материалы и оборудование.</b> Планирование и оборудование химических лабораторий. Устройство, оборудование и основные правила работы в химических лабораториях. Правила безопасной работы в химических лабораториях. Средства индивидуальной защиты и меры первой помощи. Важнейшие конструкционные материалы для изготовления лабораторных приборов и посуды. Стекланные, полимерные, металлические, керамические материалы: классификация, физико-химические свойства, области применения. Химическая посуда. Материалы для фильтрования. Теплоизоляционные материалы. Гравиметрия. Типы весов: устройство и принцип действия, характеристика.	<b>ПК-1-н</b>  <b>ПК-1-т</b>
<b>Тема 2. Основы техники лабораторного эксперимента. Техника работ с газами, жидкими и твердыми веществами.</b> Измерение объема и плотности веществ. Ареометрический, пикнометрический методы определения плотности, метод гидростатического взвешивания. Определение температуры кипения и плавления веществ. Метод определения температуры плавления в капилляре. Методы определения температуры кипения по Сиволобову, Рупе, Свентославскому. Высушивание и определение влажности твердых, жидких и газообразных веществ. Важнейшие осушители, области их применения и оценка эффективности удаления воды. Гигрометры: устройство, принцип действия. Метод точки росы. Измерение и регулирование расхода жидких и газообразных веществ. Регуляторы расхода газа: классификация, принцип действия и характеристика. Техника эксперимента с участием веществ в различном агрегатном состоянии. Типовые методы получения простых и сложных неорганических веществ.	<b>ПК-1-н</b>  <b>ПК-1-т</b>
<b>Тема 3. Нагревание и охлаждение, измерение и регулирование температуры.</b> Измерение температуры (термометрия). Температурная шкала. Жидкостные и газовые термометры, термоэлектрические преобразователи (термопары), термометры сопротивления, пирометры: устройство, принцип действия и характеристики устройств. Нагревание и охлаждение. Нагревательные приборы: газовые горелки, резистивные нагреватели, муфельные печи,	<b>ПК-1-н</b>  <b>ПК-1-т</b>

индукционные печи (устройство, принцип действия, характеристики, области применения). Устройства для охлаждения, хладагенты. Оборудование для регулирования температуры. Электронные регуляторы температуры.	
<b>Тема 4. Техника работ при пониженном давлении. Вакуум. Приборы для создания и измерения вакуума.</b> Получение вакуума: понятие, устройства для получения и измерения вакуума. Вакуумные насосы: пароструйные насосы, роторные насосы, турбомолекулярные насосы, магнито-ионизационные насосы (устройство, принцип действия, предельная глубина достигаемого вакуума). Вакуумметры деформационного типа, термопарные вакуумметры, ионизационные вакуумметры.	<b>ПК-1-н</b>  <b>ПК-1-т</b>
<b>Тема 5. Методы очистки веществ. Классификация веществ по степени чистоты и методов очистки веществ.</b> Классификация веществ высокой чистоты и их роль в науке и технике. Классификация и сущность методов глубокой очистки веществ; сравнительная характеристика методов глубокой очистки веществ. Влияние загрязняющего действия материалов аппаратуры на процессы глубокой очистки.	<b>ПК-3-н</b>
<b>Тема 6. Химические методы очистки веществ. Химические транспортные реакции.</b> Химические методы глубокой очистки веществ: общая характеристика и оценка предельных возможностей химических методов очистки. Химические транспортные реакции (ХТР). Особенности и выбор химических транспортных реакций для глубокой очистки веществ. Виды переноса вещества в химических транспортных реакциях: перенос потоком газа-реагента, перенос молекулярной диффузией, перенос посредством конвекции. Примеры использования ХТР.	<b>ПК-2-н</b>
<b>Тема 7. Дистилляционные методы очистки веществ. Коэффициент разделения. Статические и динамические методы определения коэффициента разделения.</b> Термодинамика равновесия жидкость – пар. Теоретические и экспериментальные методы определения коэффициента разделения жидкость - пар. Статические методы определения: метод статического уравнивания фаз, циркуляционный метод, дифференциальный метод. Динамические методы определения: метод испарения малых количеств раствора, метод релеевой дистилляции. Эффективный коэффициент разделения. Однократная перегонка. Перегонка с постоянным уровнем жидкости в перегонном кубе. Поведение взвешенных частиц при перегонке.	<b>ПК-2-н</b>
<b>Тема 8. Ректификация. Ректификация в тарельчатых, насадочных, пленочных колоннах. Фактор разделения. ВЭТТ, ВЕП.</b> Основные понятия: флегмовое число, степень отбора, высота, эквивалентная теоретической тарелке (ВЭТТ), высота единицы переноса (ВЕП), фактор разделения. Ректификация в тарельчатых колоннах. Фактор разделения в стационарном состоянии и безотборном режиме. Влияние скорости отбора продукта, продольного перемешивания в насадочной ректификационной колонне на эффективность глубокой очистки веществ. Ректификация в насадочных колоннах. Понятие о движущей силе массообмена. Фактор разделения в стационарном состоянии и безотборном режиме. Влияние скорости отбора продукта, продольного перемешивания в насадочной ректификационной колонне на эффективность глубокой очистки веществ. Ректификация в пленочных колоннах. Влияние загрязняющего действия материала аппаратуры в ректификационных колоннах различного типа на эффективность глубокой очистки веществ.	<b>ПК-2-н</b>
<b>Тема 9. Экстракция. Экстракционные методы очистки веществ.</b> Термодинамика равновесия жидкость – жидкость. Однократная экстракция.	<b>ПК-3-н</b>

Многоступенчатая экстракция. Противоточная экстракция.	
<b>Тема 10. Периодическая ректификация. Молекулярная дистилляция.</b> Особенности глубокой очистки веществ периодической ректификацией. Ректификационные колонны для периодической ректификации. Ректификация с постоянной скоростью отбора продукта. Ректификация при постоянно составе продукта. Ректификация с дискретным отбором дистиллята. Молекулярная дистилляция. Приборы и методика проведения. Уравнение Ленгмюра. Применение молекулярной дистилляции для очистки термостойких веществ.	ПК-2-н
<b>Тема 11. Кристаллизационные методы очистки веществ. Коэффициент распределения.</b> Термодинамика равновесия жидкость – твердое. Кристаллизация из расплава. Виды диаграмм состояния бинарных систем. Коэффициент распределения жидкость – твердое. Теоретические и опытные методы определения коэффициента разделения жидкость - твердое.	ПК-2-н
<b>Тема 12. Направленная кристаллизация. Зонная плавка.</b> Сущность метода нормальной направленной кристаллизации. Зависимость концентрации примеси в твердой фазе от доли закристаллизовавшегося вещества. Эффективный коэффициент распределения. Многократная направленная кристаллизация. Зонная плавка (перекристаллизация). Сущность метода зонной плавки. Распределение примеси по длине слитка после одного прохода расплавленной зоны. Распределение примеси по длине слитка после N проходов расплавленной зоны.	ПК-2-н
<b>Тема 13. Противоточная кристаллизация из расплава.</b> Сущность метода противоточной кристаллизации. Кристаллизационные колонны. Основные модели процесса массообмена в кристаллизационной колонне. Фактор разделения в стационарном состоянии и безотборном режиме. Влияние скорости отбора продукта на фактор разделения. Распределение примеси по высоте кристаллизационной колонны. Эффект перекристаллизации. Распределение кристаллов по размерам в сечении колонны. Влияние эффекта перекристаллизации на фактор разделения. Влияние продольного перемешивания расплава на разделительную способность кристаллизационной колонны. Распределение примеси по высоте кристаллизационной колонны с движением кристаллов под действием силы тяжести.	ПК-2-н
<b>Тема 14. Методы исследования химического состава веществ. Газовая хроматография. Масс- спектрометрия. Хромато - масс-спектрометрия.</b> Физико-химические методы определения физических свойств, элементного и примесного состава веществ, физические принципы и возможности этих методов. Методы определения примесного состава летучих и нелетучих веществ. Хроматография, масс-спектрометрия, хромато-масс-спектрометрия: сущность и возможности методов анализа.	ПК-1-т

**5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции - нет.**

**5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции.**

**Примерные задания для оценки сформированности знаний компетенции ПК-1-н, ПК-2-н, ПК-3-н, ПК-1-т:**

1. Перечислите основные правила планирования и оборудования химических лабораторий.
2. Укажите защитные меры и средства от химических ожогов и отравлений, меры первой помощи при химических ожогах и при отравлениях.
3. Охарактеризуйте состав, свойства и области применения стеклообразных материалов.
4. Охарактеризуйте принцип действия кулонометрического гигрометра.

5. Проведите сравнительную характеристику (укажите достоинства и недостатки) жидкостных термометров и термопар.
6. Какие типы вакуумных насосов можно использовать для получения остаточного давления  $10^{-5}$  мм.рт.ст.? Ответ поясните.
7. Какие типы вакуумметров можно использовать для измерения давления на уровне  $10^{-5}$  мм.рт.ст.? Ответ поясните.
8. Назовите способы классификации веществ по степени чистоты (содержанию примесей).
9. Какие признаки положены в основу классификации методов глубокой очистки веществ?
10. Каким образом можно оценить предельные возможности химических методов очистки?
11. Как возможно рассчитать значение идеального коэффициента разделения?
12. Укажите качественную зависимость эффективного коэффициента разделения от скорости перегонки при релеевской дистилляции.
13. Перечислите основные типы ректификационных колонн.
14. Что такое ВЭТТ и ВЕП? Как они определяются?
15. Что представляет собой многократная направленная кристаллизация?
16. Охарактеризуйте распределение примеси по длине слитка после одного прохода расплавленной зоны при зонной плавке.
17. Охарактеризуйте модели процесса массообмена в кристаллизационной колонне.
18. В чем заключается эффект перекристаллизации?
19. Какие методы анализа применяются для определения примесного молекулярного и элементного состава летучих и нелетучих веществ?
20. Какие способы разделения веществ используются в масс-спектрометрии и хроматографии?

**Примерные задания для оценки сформированности умений компетенции ПК-1-н, ПК-2-н, ПК-3-н, ПК-1-т:**

1. Рассчитайте удельную быстроту откачки сосуда заданного объема форвакуумным насосом, используя данные по зависимости остаточного давления в сосуде от продолжительности откачки сосуда форвакуумным насосом.
2. Используя хроматограмму смеси двух указанных веществ, определите значение времени удерживания, удерживаемого объема, исправленного времени удерживания и удерживаемого объема, коэффициента емкости колонки, числа теоретических тарелок и высоты, эквивалентной теоретической тарелке для каждого компонента смеси, а также селективность разделения и разрешение.
3. Используя хроматограммы бинарных смесей с различным содержанием указанных компонентов, рассчитайте относительный поправочный (градуировочный) коэффициент.
4. Используя хроматограммы смесей двух указанных веществ, полученных в результате релеевской перегонки с различной скоростью испарения, оцените значение равновесного коэффициента разделения жидкость - пар в бинарной смеси.
5. Используя хроматограммы бинарных смесей, полученных в результате периодической ректификации смеси указанного состава при атмосферном давлении, определите число теоретических тарелок (ЧТТ) и высоту эквивалентную теоретической тарелке (ВЭТТ) насадочной ректификационной колонны.
6. Используя хроматограммы бинарной смеси тетрахлорида углерода и ацетона до и после экстракции ацетона водой, рассчитайте коэффициента распределения ацетона между водой и тетрахлоридом углерода.
7. Используя хроматограммы смесей этилбензола и ацетофенона, полученных в результате нормальной направленной кристаллизации при трех различных значениях скорости кристаллизации, проведите оценку равновесного коэффициента распределения жидкость – твердое в указанной системе.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература:

1. Чурбанов М.Ф., Вельмузов А.П. Химия высокочистых неорганических веществ: учебное пособие. – Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2015.- 170 с.  
Режим доступа: <http://www.lib.unn.ru/php/catalog.php?Index=1&IdField=153378093&DB=1>
2. Игнатович Э. Химическая техника. Процессы и аппараты. Пер. с нем. – М., 2007. -651 с.  
Режим доступа: <http://www.lib.unn.ru/php/catalog.php?Index=1&IdField=97444909&DB=1>.
3. Дистилляционные методы очистки веществ / Сост. Трошин О.Ю., Буланов А.Д. Электронное учебно–методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2015. – 18 с.  
Режим доступа: [http://www.unn.ru/books/met\\_files/Distillation.doc](http://www.unn.ru/books/met_files/Distillation.doc).
4. Газохроматографический анализ веществ. / Сост. А.А. Сибиркин. - Методическая разработка. - Нижний Новгород: ННГУ, 2007. - В 2-х частях: 43 с., 44 с.
5. Прокофьев В.Ю. Оборудование производств неорганических веществ. Иваново, 2015.-115 с.  
Режим доступа: [https://e.lanbook.com/book/69971?category\\_pk=3863#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/69971?category_pk=3863#book_name).

### б) дополнительная литература:

1. Захаров Л. Н. - Техника безопасности в химических лабораториях. - Л.: Химия, 1991. - 336 с.  
Режим доступа: <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=18316&DB=1>
2. Рачинский Ф.Ю., Рачинская М.Ф. Техника лабораторных работ. - Л. 1982. - 432 с.  
Режим доступа: <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=86477&DB=1>
3. Девярых Г.Г., Еллиев Ю.Е. Введение в теорию глубокой очистки веществ.- М., 1981.- 320 с.  
Режим доступа: <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=97990&DB=1>
4. Крель Э. Руководство по лабораторной перегонке. - М. 1984. - 240 с.  
Режим доступа: <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=82843>
5. Руководство по неорганическому синтезу / Под ред. Г. Брауэра. В 6-ти т. – М., 1985-1986.  
Режим доступа: <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=95402>
6. Гельперин Н.И., Носов Г.А. Основы техники кристаллизации расплавов.- Л. 1975.-352 с.  
Режим доступа: <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=366921>

### в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

<http://www.lib.unn.ru/>  
<http://www.lib.unn.ru/er/lanj.html>)  
<http://www.lib.unn.ru/er/znanium.html>  
<http://www.chem.msu.su/cgi-bin/tkv.pl>

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий (вместимость 20 человек), лабораторных занятий (вместимостью 10 человек), предусмотренных программой дисциплины. Аудитория для проведения лекционных и практических занятий (№ 203, корп. 5) оснащена оборудованием и техническими средствами обучения: переносным мультимедийным проектором, ноутбуком и выходом в сеть Интернет, доской и мелом (для разбора частных вопросов и детализации теоретических аспектов дисциплины, а также решения практических задач). Аудитория для проведения лабораторных занятий (№309, корп. 5) оснащена необходимым оборудованием для выполнения лабораторных работ: лабораторные шкафы с вытяжной вентиляцией, вакуумный пост,

газовый хроматограф с детектором по теплопроводности для анализа летучих веществ, установки для определения коэффициента разделения жидкость – пар, стеклянная насадочная ректификационная колонна с нижним питающим резервуаром, противоточная экстракционная колонна, установка для проведения нормальной направленной кристаллизации, противоточная кристаллизационная колонна.

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 ФГОС ВО 3++

Автор:

д.х.н., профессор

\_\_\_\_\_Буланов А.Д.

Рецензент

К.х.н., с.н.с. ФГБУН ИХВВ РАН

\_\_\_\_\_Корнев Р.А.

И.о. заведующего кафедрой

К.х.н.

\_\_\_\_\_Пермин Д.А.