

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

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Экспериментальные методы неорганической химии

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

04.03.01 - Химия

---

Направленность образовательной программы

Химия и материаловедение

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03.ДВ.02.01 Экспериментальные методы неорганической химии относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1-н: Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации	<p>ПК-1-н-1: Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР</p> <p>ПК-1-н-2: Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИР</p> <p>ПК-1-н-3: Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР</p> <p>ПК-1-н-4: Готовит объекты исследования</p>	<p>ПК-1-н-1: Знать современные подходы представления планирования отдельных стадий НИР. Уметь применять типовые методы синтеза, очистки и характеристики неорганических веществ. Владеть навыками планирования методов получения, очистки и анализа неорганических веществ для решения задач химической направленности.</p> <p>ПК-1-н-2: Знать современные подходы представления документации, проектов планов и программ отдельных этапов НИР. Уметь представлять результаты применения типовых методов синтеза, очистки и характеристики неорганических веществ. Владеть навыками реализации и описания методов получения, очистки и анализа неорганических веществ для решения задач химической направленности.</p> <p>ПК-1-н-3: Знать современные подходы к статистической обработке результатов эксперимента и</p>	<p>Допуск к лабораторной работе</p> <p>Отчет по лабораторным работам</p>	<p>Экзамен:</p> <p>Контрольные вопросы</p>

		<p>их стандартизированному представлению.</p> <p>Уметь получать и обрабатывать результаты научных экспериментов с помощью современного программного обеспечения.</p> <p>Владеть навыками безопасной работы с типовыми и современными приборами для синтеза, очистки и анализа неорганических веществ.</p> <p>ПК-1-н-4:</p> <p>Знать стандартные операции на современном оборудовании для характеристики неорганических веществ</p> <p>Уметь проводить определение химического молекулярного состава веществ и смесей на их основе с использованием серийного научного оборудования</p> <p>Владеть навыками безопасной работы по синтезу, исследованию химического состава и свойств неорганических веществ и их очистке дистиляционными, кристаллизационными и другими методами.</p>		
<p>ПК-1-т: Способен выбирать технические средства и методы испытаний для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации</p>	<p>ПК-1-т-1: Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИОКР</p> <p>ПК-1-т-2: Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИОКР</p> <p>ПК-1-т-3: Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИОКР</p> <p>ПК-1-т-4: Готовит объекты исследования</p>	<p>ПК-1-т-1:</p> <p>Знать современные подходы представления планирования отдельных стадий НИОКР.</p> <p>Уметь применять типовые методы синтеза, очистки и характеристики неорганических веществ.</p> <p>Владеть навыками планирования методов получения, очистки и анализа неорганических веществ для решения задач химической направленности.</p> <p>ПК-1-т-2:</p> <p>Знать современные подходы представления документации, проектов планов и программ отдельных этапов НИОКР.</p>	<p>Отчет по лабораторным работам</p>	<p>Экзамен:</p> <p>Отчет по лабораторным работам</p> <p>Контрольные вопросы</p>

		<p>Уметь представлять результаты применения типовых методов синтеза, очистки и характеристики неорганических веществ.</p> <p>Владеть навыками реализации и описания методов получения, очистки и анализа неорганических веществ для решения задач химической направленности.</p> <p>ПК-1-т-3:</p> <p>Знать современные подходы к статистической обработке результатов эксперимента и их стандартизированному представлению.</p> <p>Уметь получать и обрабатывать результаты научных экспериментов с помощью современного программного обеспечения.</p> <p>Владеть навыками безопасной работы с типовыми и современными приборами для синтеза, очистки и анализа неорганических веществ.</p> <p>ПК-1-т-4:</p> <p>Знать методы обработки и представления результатов испытаний инновационной продукции.</p> <p>Владеть навыками работы на современном научно-исследовательском оборудовании</p> <p>Уметь проводить испытания инновационной продукции при помощи технических средств и методов испытаний (из набора имеющихся)</p>		
ПК-2-н: Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы	ПК-2-н-1: Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных)	<p>ПК-2-н-1:</p> <p>Знать основные требования информационной безопасности при сборе, анализе, обработке и представлении информации.</p> <p>Уметь осуществлять корректный поиск первичной информации по синтезу,</p>	Отчет по лабораторным работам	Экзамен: Контрольные вопросы

		очистке и анализу неорганических веществ. Владеть навыками работы с базами данных (в т.ч. патентных баз данных) для поиска информации по свойствам, методам получения, очистки и анализа неорганических веществ.		
ПК-3-н: Способен осуществлять контроль качества веществ и материалов	ПК-3-н-1: Выполняет стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики веществ и материалов ПК-3-н-2: Составляет отчеты о выполненной работе по заданной форме	ПК-3-н-1: Знать основополагающие законы разделов физики и химии, необходимые для корректной постановки и проведения экспериментов по изучению состава и свойств неорганических соединений с помощью инструментальных методов. Уметь выбирать метод исследования для получения необходимой информации при характеристике веществ Владеть методиками анализа веществ с использованием современного аналитического оборудования в рамках методов хроматографии.  ПК-3-н-2: Знать основные требования представления информации химического содержания с учетом требований библиографии. Уметь составлять отчеты о выполненной научно-исследовательской работе по заданной форме Владеть навыками представления результатов выполненной работы в виде отчета по стандартной форме.	Отчет по лабораторным работам	Экзамен: Контрольные вопросы

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
--	-------

<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>9</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>324</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>64</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>160</b>
- КСР	<b>2</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>26</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>72</b> <b>Экзамен</b>

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0
Тема 1. Общие вопросы лабораторного эксперимента: техника безопасности, планирование, материалы и оборудование.	15	6	8	14	1
Тема 2. Основы техники лабораторного эксперимента. Техника работ с газами, жидкостями, твердыми веществами.	0	2	12	0	2
Тема 3. Нагревание и охлаждение, измерение и регулирование температуры	0	2	8	0	2
Тема 4. Техника работ при пониженном давлении. Приборы для создания и измерения вакуума.	0			0	
Тема 5. Методы очистки веществ. Классификация веществ по степени чистоты и методов очистки веществ.	0			0	
Тема 2. Основы техники лабораторного эксперимента. Техника работ с газами, жидкими и твердыми веществами. Типовые методы получения простых и сложных неорганических веществ.	48	10	32	42	6
Тема 3. Методы очистки веществ. Классификация веществ по степени чистоты и методов очистки веществ. Химические методы очистки веществ.	26	6	16	22	4
Тема 4. Дистилляционные методы очистки веществ. Коэффициент разделения жидкость – пар; статические и динамические методы его определения. Ректификация в тарельчатых, насадочных, пленочных колоннах	62	18	40	58	4
Тема 5. Экстракционные методы очистки веществ. Термодинамика равновесия жидкость – жидкость. Однократная экстракция. Многоступенчатая экстракция. Противоточная экстракция.	22	4	16	20	2
Тема 6. Кристаллизационные методы очистки веществ. Термодинамика равновесия жидкость – твердое. Методы определения коэффициента разделения жидкость – твердое. Направленная кристаллизация. Зонная	56	14	36	50	6

плавка. Противоточная кристаллизация					
Тема 7. Методы исследования химического состава веществ. Газовая хроматография. Масс- спектрометрия. Хромато - масс-спектрометрия. ИК спектроскопия	21	6	12	18	3
Аттестация	72				
КСР	2			2	
Итого	324	64	160	226	26

### Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Введение. Общие вопросы лабораторного эксперимента. Планирование и оборудование химических лабораторий. Важнейшие конструкционные материалы для изготовления лабораторных приборов и посуды. Стекланные, полимерные, металлические, керамические материалы: классификация, физико-химические свойства, области применения. Химическая посуда. Материалы для фильтрации. Теплоизоляционные материалы. Правила безопасной работы в химических лабораториях. Средства индивидуальной защиты и меры первой помощи.

Тема 2. Основы техники лабораторного эксперимента. Техника работ с газами, жидкими и твердыми веществами. Гравиметрия. Типы весов: устройство и принцип действия, характеристика. Измерение объема и плотности веществ. 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, индукционные печи (устройство, принцип действия, характеристики, области применения). Устройства для охлаждения, хладоагенты. Оборудование для регулирования температуры. Электронные регуляторы температуры. Определение температуры кипения и плавления веществ. Высушивание и определение влажности твердых, жидких и газообразных веществ. Важнейшие осушители, области их применения и оценка эффективности удаления воды. Измерение и регулирование расхода жидких и газообразных веществ. Регуляторы расхода газа: классификация, принцип действия и характеристика.

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.

Техника эксперимента с участием веществ в различном агрегатном состоянии.

Типовые методы получения простых и сложных неорганических веществ.

Тема 3. Методы очистки веществ. Классификация веществ по степени чистоты и методов очистки веществ. 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.

Химические методы очистки веществ. Химические транспортные реакции.

Химические методы глубокой очистки веществ: общая характеристика и оценка предельных возможностей химических методов очистки.

. 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 химических транспортных реакций.

Тема 4. Дистилляционные методы очистки веществ. Термодинамика равновесия жидкость – пар. Коэффициент разделения жидкость – пар. Теоретические и экспериментальные методы определения коэффициента разделения жидкость - пар. Статические методы определения: метод статического

уравновешивания фаз, циркуляционный метод, дифференциальный метод. Динамические методы определения: метод испарения малых количеств раствора, метод релеевской дистилляции. Эффективный коэффициент разделения.

Однократная перегонка. Перегонка с постоянным уровнем жидкости в перегонном кубе. Поведение взвешенных частиц при перегонке.

Ректификация. Основные понятия: флегмовое число, степень отбора, высота, эквивалентная теоретической тарелке (ВЭТТ), высота единицы переноса (ВЕР), 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.

Загрязняющее действие аппаратуры. Поведение взвешенных частиц при ректификации. Влияние загрязняющего действия материала аппаратуры в ректификационных колоннах различного типа на эффективность глубокой очистки веществ.

Тема 5. Экстракционные методы очистки веществ. Термодинамика равновесия жидкость – жидкость. Коэффициент распределения жидкость – жидкость. Закон распределения Нернста. Однократная экстракция. Многоступенчатая экстракция. Противоточная экстракция.

Тема 6. Кристаллизационные методы очистки веществ. Термодинамика равновесия жидкость – твердое. Кристаллизация из расплава. Коэффициент распределения жидкость – твердое. Коэффициент распределения жидкость – твердое. Теоретические и опытные методы определения коэффициента разделения жидкость - твердое.

Направленная кристаллизация. Сущность метода нормальной направленной кристаллизации.

Зависимость концентрации примеси в твердой фазе от доли закристаллизовавшегося вещества.

Эффективный коэффициент распределения.

Распределение примеси по длине слитка после одного прохода расплавленной зоны. Распределение примеси по длине слитка после N проходов расплавленной зоны.

Многократная направленная кристаллизация.

Зонная плавка (перекристаллизация). Сущность метода зонной плавки.

Противоточная кристаллизация из расплава. Основные модели процесса массообмена. Фактор разделения в стационарном состоянии и безотборном режиме. Влияние скорости отбора продукта на фактор разделения.

Тема 7. Методы исследования химического состава веществ. Газовая хроматография.

Масс-спектрометрия. Хромато - масс-спектрометрия. Инфракрасная спектроскопия.

Физико-химические методы определения физических свойств, элементного и примесного состава веществ, физические принципы и возможности этих методов.

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 48 ч.

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

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.



1. 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)

2. Глубокая очистка веществ кристаллизационными методами. Сост. Еллиев Ю.Е., Сибиркин А.А., Хлопочкина Е.Л. - Методическая разработка. - Нижний Новгород: ННГУ, 1999. 14 с.

3. Газохроматографический анализ веществ. / Сост. А.А. Сибиркин. - Методическая разработка. - Нижний Новгород: ННГУ, 2007. - В 2-х частях: 43 с., 44 с.

## **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Допуск к лабораторной работе) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н:**

Работа 1. «Измерение и регулирование температуры».

1. Знать основные термины и определения, виды температурных шкал. 2. Знать устройство и принцип действия лабораторного оборудования для нагревания: газовые горелки, резистивные нагреватели, муфельные печи, индукционные печи. 3. Знать устройство и принцип действия приборов для измерения температуры: жидкостных и газовых термометров, термоэлектрических преобразователей, термометров сопротивления, пирометров.

Работа 2. «Измерение и регулирование расхода газа».

1. Знать устройство и принцип действия лабораторного оборудования для измерения расхода газа. 2. Знать устройство и принцип действия приборов для регулирования расхода газа.

Работа 3. «Основы вакуумной техники»

1. Знать основные термины и понятия. 2. Знать устройство, принцип действия основных типов вакуумных насосов (пароструйные насосы, роторные насосы, турбомолекулярные насосы, магнито-ионизационные насосы). 3. Знать устройство и принцип действия приборов для измерения вакуума (Вакуумметры деформационного типа, термопарные вакуумметры, ионизационные вакуумметры).

Работа 4. «Определение коэффициента разделения жидкость – пар»

1. Владеть алгоритмом оценки значения коэффициента разделения жидкость – пар на основании закона Рауля с использованием парциальных давлений компонентов и теории конформных растворов с использованием параметров потенциала Леннарда – Джонса.

2. Знать классификацию экспериментальных методов определения коэффициента разделения жидкость – пар.

3. Знать аппаратное и методическое оформление экспериментальных методов определения коэффициента разделения жидкость – пар (метод испарения небольших количеств, циркуляционный метод, метод релеевой дистилляции).
4. Знать основные понятия ректификации: флегмовое число, степень отбора, высота, эквивалентная теоретической тарелке, высота единицы переноса, фактор разделения
5. Знать основные типы, устройство и принцип работы аппаратов для ректификационной очистки.

Работа 5. «Экстракционные методы очистки».

1. Знать основные термины и определения, принципиальную схему осуществления экстракции, характеристические уравнения для однократной и многократной экстракции.
2. Знать сущность методов многоступенчатой экстракции и противоточной экстракции.

Работа 6. «Кристаллизационные методы очистки».

1. Знать теоретические и опытные методы определения коэффициента разделения жидкость - твердое.
2. Знать сущность метода нормальной направленной кристаллизации. Зависимость концентрации примеси в твердой фазе от доли закристаллизовавшегося вещества.
3. Знать сущность метода зонной плавки.

Работа 7. «Газовая хроматография».

1. Знать основные термины и понятия газовой хроматографии, устройство и принцип действия газового хроматографа, основные типы детекторов в газовой хроматографии.
2. Знать методы количественного определения компонентов смеси по результатам выполнения хроматографического анализа

### **Критерии оценивания (оценочное средство - Допуск к лабораторной работе)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Допустимый уровень знаний выше минимального. Продемонстрированы основные умения. При решении типовых заданий могут быть негрубые ошибки. Имеется набор навыков выше минимального для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки. Или невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н:**

1. Оформление отчета по лабораторной работе в соответствии с принятыми требованиями. 2. Наличие в отчете о лабораторной работе обработки полученных экспериментальных результатов с использованием корректных алгоритмов их математической обработки.

### 5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-3-н:

1. Представление полученных результатов в виде таблиц, графиков.
2. Статистическая обработка результатов экспериментов
3. Анализ полученных данных. Выводы.

### 5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н:

1. Наличие литературного обзора источников по теме лабораторной работы, обобщение и критический анализ литературных данных.
2. Оформление списка литературы согласно требованиям к отчету; отражение литературных источников по теме работы.

### 5.1.5 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-1-т:

1. Описание аппаратуры и методики выполнения лабораторной работы.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Допустимый уровень знаний выше минимального. Продемонстрированы основные умения. При решении типовых заданий могут быть негрубые ошибки. Имеется набор навыков выше минимального для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки. Или невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

#### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				

достижения							
<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 несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	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 несущественными 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 базовых навыков. 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 оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»

	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	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»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### **5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н**

1. Классификация, устройство и принцип действия лабораторных весов.
2. Ареометрический, пикнометрический методы определения плотности, метод гидростатического взвешивания.
3. Жидкостные и газовые термометры, термоэлектрические преобразователи (термопары), термометры сопротивления, пирометры: устройство, принцип действия и характеристики.
4. Нагревательные приборы: устройство, принцип действия, характеристики, области применения. Оборудование для регулирования температуры.
5. Определение температуры кипения и плавления веществ.
6. Измерение и регулирование расхода жидких и газообразных веществ. Регуляторы расхода газа: классификация, принцип действия и характеристика.
7. Вакуумные насосы: устройство, принцип действия, предельная глубина достигаемого вакуума.
8. Техника эксперимента с участием веществ в различном агрегатном состоянии.

#### **5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3-н**

1. Классификация веществ высокой чистоты и их роль в науке и технике
2. Классификация и сущность методов глубокой очистки веществ; сравнительная характеристика методов глубокой очистки веществ.
3. Влияние загрязняющего действия материалов аппаратуры на процессы глубокой очистки.
4. Термодинамика равновесия жидкость – пар. Коэффициент разделения жидкость – пар.

5. Теоретические и экспериментальные методы определения коэффициента разделения жидкость - пар.
6. Термодинамика равновесия жидкость – твердое.
7. Теоретические и экспериментальные методы определения коэффициента разделения жидкость - твердое.
8. Сравнительная характеристика дистилляционных и кристаллизационных методов очистки.

### **5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н**

1. Химические методы глубокой очистки веществ: общая характеристика и оценка предельных возможностей химических методов очистки.
2. Виды переноса вещества в химических транспортных реакциях: перенос потоком газа-реагента, перенос молекулярной диффузией, перенос посредством конвекции. Примеры использования ХТР.
3. Ректификация. Основные понятия: флегмовое число, степень отбора, высота, эквивалентная теоретической тарелке (ВЭТТ), высота единицы переноса (ВЕР), фактор разделения.
4. Ректификация в тарельчатых колоннах. Фактор разделения в стационарном состоянии и безотборном режиме. Влияние скорости отбора продукта, продольного перемешивания в тарельчатой ректификационной колонне на эффективность глубокой очистки веществ.
5. Ректификация в насадочных колоннах. Фактор разделения в стационарном состоянии и безотборном режиме. Влияние скорости отбора продукта, продольного перемешивания в насадочной ректификационной колонне на эффективность глубокой очистки веществ.
6. Влияние загрязняющего действия материала аппаратуры в ректификационных колоннах различного типа на эффективность глубокой очистки веществ.
7. Периодическая ректификация. Ректификация с постоянной скоростью отбора продукта. Ректификация при постоянно составе продукта. Ректификация с дискретным отбором дистиллята.
8. Молекулярная дистилляция. Приборы и методика проведения. Уравнение Ленгмюра. Применение молекулярной дистилляции для очистки термонестойких веществ.
9. Термодинамика равновесия жидкость – твердое. Кристаллизация из расплава.
10. Коэффициент распределения жидкость – твердое. Теоретические и опытные методы определения коэффициента разделения жидкость - твердое.
11. Метод нормальной направленной кристаллизации. Зависимость концентрации примеси в твердой фазе от доли закристаллизовавшегося вещества. Эффективный коэффициент распределения.
12. Метод зонной плавки. Распределение примеси по длине слитка после одного прохода расплавленной зоны. Распределение примеси по длине слитка после N проходов расплавленной зоны.
13. Метод противоточной кристаллизации. Основные модели процесса массообмена в противоточной кристаллизационной колонне. Фактор разделения в стационарном состоянии и безотборном режиме.

Влияние скорости отбора продукта на фактор разделения. Распределение примеси по высоте кристаллизационной колонны.

### 5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1-т

1. Устройство, оборудование и основные правила работы в химических лабораториях.
2. Правила безопасной работы в химических лабораториях. Средства индивидуальной защиты и меры первой помощи.
3. Важнейшие конструкционные материалы для изготовления лабораторных приборов и посуды: классификация, физико-химические свойства, области применения.
4. Типовые методы получения простых и сложных неорганических веществ.
5. Хроматография, масс-спектрометрия, хромато-масс-спектрометрия, ИК спектроскопия: сущность и возможности методов анализа.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с

Оценка	Критерии оценивания
	некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Девярых Григорий Григорьевич. Глубокая очистка веществ : [учеб. пособие для хим. и хим.-технол. специальностей вузов]. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Высшая школа, 1990. - 191, [1] с. : ил. - ISBN 5-06-000073-7 : 0.40., 39 экз.
2. Девярых Григорий Григорьевич. Введение в теорию глубокой очистки веществ / АН СССР, Секция хим.-технол. и биол. наук. - М. : Наука, 1981. - 320 с. : ил. - 2.50., 62 экз.
3. Чурбанов Михаил Федорович. Химия высокочистых неорганических веществ : учеб. пособие для студентов ННГУ, обучающихся по направлению подготовки 020100 "Химия", по специальностям "Химия" и 020201 "Фундам. и приклад. химия" / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, РАН, Ин-т химии высокочистых веществ им. Г. Г. Девярых. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2015. - 170 с. - ISBN 978-5-91326-324-7 : 249.46., 2 экз.
4. Трошин Олег Юрьевич. Дистилляционные методы очистки веществ : учебно-методическое пособие / О. Ю. Трошин, А. Д. Буланов ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2015. - 18 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=850345&idb=0>.
5. Степанов Виктор Михайлович. Термодинамика разбавленных растворов : учеб. пособие / [науч. ред. Колесников А. Н.] ; Нижегород. гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 1998. - 68 с. - 10.00., 26 экз.

Дополнительная литература:

1. Мусакин Александр Петрович. Оборудование химических лабораторий / под ред. Ф. Ю. Рачинского. - Л. : Химия, Ленингр. отд-ние, 1978. - 480 с. : ил. - 2.20., 2 экз.
2. Семенов В. В. Охрана труда и пожарная безопасность технологических процессов : учебное пособие для вузов / Семенов В. В., Петручик А. А., Ивахнюк Г. К.; Петручик А. А., Ивахнюк Г. К. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 268 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-507-47059-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=863638&idb=0>.
3. Рачинский Фома Юрьевич. Техника лабораторных работ / под ред. Д. П. Добычина. - Л. :



Химия, Ленингр. отд-ние, 1982. - 431 с. : ил. - 1.90., 2 экз.

4. Крель Эрих. Руководство по лабораторной перегонке / пер. с нем. В. И. Чернышева, А. В. Шафрановского ; под ред. В. М. Олевского. - М. : Химия, 1980. - 519 с. : ил. - 3.30., 2 экз.

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

<http://www.lib.unn.ru/>

<http://www.lib.unn.ru/er/lanj.html>

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: 1. Вакуумный пост, оборудованный средствами создания и измерения вакуума. 2. Газовый хроматограф с детектором по теплопроводности. 3. Прибор для определения коэффициента разделения жидкость - пар циркуляционным методом.

4. Прибор для определения коэффициента разделения жидкость - пар методом релеевской дистилляции.

5. Ректификационная насадочная колонна.

6. Прибор для проведения нормальной направленной кристаллизации.

7. Прибор для проведения противоточной кристаллизации.

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 ННГУ по направлению подготовки/специальности 04.03.01 - Химия.

Автор(ы): Трошин Олег Юрьевич, кандидат химических наук

Буланов Андрей Дмитриевич, доктор химических наук.

Заведующий кафедрой: Пермин Дмитрий Алексеевич, кандидат химических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 28.09.2023 г., протокол № 1.