

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

Химия высокочистых веществ

Уровень высшего образования

Специалитет

Направление подготовки / специальность

04.05.01 - Фундаментальная и прикладная химия

Направленность образовательной программы

Неорганическая химия

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03.ДВ.04.01 Химия высокочистых веществ 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 планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии и/или смежных с химией науках	ПК-1-н.1: Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий ПК-1-н.2: Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	ПК-1-н.1: Знать: Основные подходы к организации получения веществ в высокочистом состоянии. Уметь: предложить принципиальную схему очистки неорганического вещества. Владеть: Базовыми алгоритмами составления схем получения простых и сложных неорганических веществ в высокочистом состоянии ПК-1-н.2: Знать: основные этапы исторического формирования научного понятия «высокочистое вещество»; современную классификацию веществ по степени чистоты; теоретические основы влияния природы и формы примесей на свойства веществ. Уметь: применять изученные теоретические закономерности для решения практических задач. Владеть: навыками работы с учебной и	Допуск к лабораторной работе Отчет по лабораторным работам Тест	Экзамен: Контрольные вопросы

		научной литературой по химии высокочистых веществ.		
ПК-1-т: Способен определять способы, методы и средства решения технологических задач в рамках прикладных НИР в выбранной области химии	ПК-1-т.1: Готовит детальные планы отдельных стадий прикладных НИР ПК-1-т.3: Предлагает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач в рамках прикладных НИР	ПК-1-т.1: Знать: принципы организации технологических процессов получения простых и сложных веществ в высокочистом состоянии. Уметь: самостоятельно сформировать принципиальную схему очистки вещества, обосновать выбор методов очистки, предложить возможность аппаратного оформления процессов очистки. Владеть: Базовыми алгоритмами составления схем получения простых и сложных неорганических веществ в высокочистом состоянии ПК-1-т.3: Знать: теоретические основы и аппаратное оформление основных процессов разделения смесей. Уметь: применять изученные теоретические закономерности для решения прикладных задач в рамках НИР. Владеть: навыками расчета эффективности разделения смесей неорганических веществ при использовании различных способов очистки.	Допуск к лабораторной работе Отчет по лабораторным работам Проектная работа	Экзамен: Контрольные вопросы
ПК-2-н: Способен проводить информационные исследования в выбранной области химии и/или смежных с химией науках	ПК-2-н.2: Анализирует и обобщает результаты поиска по тематике проекта в области неорганической химии и/или смежных с химией наук	ПК-2-н.2: Знать: современные достижения химии высокочистых веществ, содержание примесей в наиболее чистых образцах неорганических соединений и	Допуск к лабораторной работе Отчет по лабораторным работам Тест	Экзамен: Контрольные вопросы

		<p>используемые для их очистки методы.</p> <p>Уметь:</p> <p>формировать перечень литературных данных, необходимых для достижения поставленных задач.</p> <p>Владеть:</p> <p>Навыками поиска специальной и справочной литературы по заданной тематике.</p>		
<p>ПК-3-н: Способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии и/или смежных с химией науках</p>	<p>ПК-3-н.1: Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными</p> <p>ПК-3-н.2: Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов</p>	<p>ПК-3-н.1:</p> <p>Знать:</p> <p>исторические этапы и современные достижения химии высокочистых веществ.</p> <p>Уметь:</p> <p>систематизировать научную информацию и сопоставлять ее с литературными данными по содержанию примесей в образцах высокочистых неорганических веществ.</p> <p>Владеть:</p> <p>Навыками систематизации и сравнительного анализа информации.</p> <p>ПК-3-н.2:</p> <p>Знать:</p> <p>Основные исторические этапы и современные тенденции получения и анализа высокочистых неорганических веществ.</p> <p>Уметь:</p> <p>Прогнозировать возможности очистки конкретных неорганических соединений с использованием различных методов и перспективные области их использования в современной науке и технике.</p> <p>Владеть:</p> <p>навыками аппроксимации экспериментальных данных.</p>	<p>Отчет по лабораторным работам</p> <p>Тест</p>	<p>Экзамен:</p> <p>Контрольные вопросы</p>

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	9
Часов по учебному плану	324
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	80
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	192
- КСР	2
самостоятельная работа	14
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

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/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1. Исторические этапы развития проблемы получения высокочистых веществ	16	6	8	14	2
Тема 2. Классификация веществ по степени чистоты	16	6	8	14	2
Тема 3. Физико-химические основы процессов разделения смесей	158	38	114	152	6
Тема 4. Принципы организации процессов получения высокочистых веществ	48	20	26	46	2
Тема 5. Современные достижения химии высокочистых веществ	48	10	36	46	2
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	324	80	192	274	14

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1.

Исторические этапы развития проблемы получения высокочистых веществ.

Исторические этапы развития понятия чистоты вещества. Древний мир, средние века - установление взаимосвязи "состав - свойство", использование физических методов очистки, химические лаборатории алхимиков. XVIII - начало XX века - становление химии как науки, начало научного обоснования представлений о чистоте вещества. XX век - развитие ядерной физики, полупроводниковой техники, волоконной оптики и микроэлектроники и требований к чистоте вещества. Получение изотопно-

обогащенных химических элементов для фундаментальных исследований. Понятие лимитируемых примесей, особочистого вещества, высокочистого вещества.

Тема 2.

Классификация веществ по степени чистоты.

Подходы к классификации веществ (исходя из влияния примесей на свойства вещества / исходя из количественного содержания примесей). Понятие примесно-чувствительного свойства. Категории реактивов, их неоднозначность. Классификации с указанием содержания примесей (основного вещества), принципы маркировки особочистых веществ. Недостатки классификаций. Статистическая оценка суммарного содержания примесей по экспериментальным данным для ограниченного содержания примесей.

Тема 3.

Физико-химические основы процессов разделения смесей. Понятие об элементарно разделительном процессе.

Химические и физико-химические методы очистки веществ. Сравнительная характеристика, Теоретические основы химических методов разделения смесей.

Химические методы очистки с изменением химической формы основы. Гидридный метод, галогенидный метод, метод МОС, карбонильный метод. Преимущества и недостатки. Возможность реализации химических методов в формате химических транспортных реакций (очистка никеля карбонильным методом, иодидное рафинирование циркония).

Химические методы с изменением химической формы примесей. Преимущества и недостатки. Дистилляционные методы разделения смесей. Понятие коэффициента разделения. Возможность реализации дистилляционных методов в однократном и многократном вариантах. Простая (однократная) перегонка, перегонка под уменьшенным давлением, перегонка с испаряющим агентом, перегонка с дефлегмацией. Многократная перегонка. ректификация. Принципиальная схема ректификационной колонны. Способы организации массообмена в ректификационных колоннах. Тарельчатые колонны, типы тарелок. Насадочные колонны, типы насадок (регулярные, нерегулярные). Пленочные колонны. Классификация колонн по принципу действия (непрерывного и периодического). Режимы работы ректификационных колонн (отборный, безотборный).

Кристаллизационные методы очистки веществ. Понятие коэффициента разделения. Варианты осуществления кристаллизационных методов. Однократный метод - нормальная направленная кристаллизация (способ Бриджмена - Стокбаргера, способ Чохральского). Многократная нормальная направленная кристаллизация. Противоточная кристаллизация из расплава. Зонная плавка. Сравнительная характеристика дистилляционных и кристаллизационных методов разделения смесей. Электрохимическое рафинирование в практике очистки веществ. Физико-химические основы электрохимического разделения смесей веществ, принципы процесса электролиза, правила для электродов, Поведение примесей при электрохимическом рафинировании меди, электрохимическое рафинирование алюминия.

Экстракционные методы разделения смесей. Физико-химические основы процесса жидкостной экстракции, принцип процесса, понятия экстрагента, экстракта, рафината. Коэффициент распределения Нернста. Количественные характеристики процесса экстракции (объемное соотношение фаз, коэффициент экстракции, доля неэкстрагированного вещества). Однократная и многократная экстракция. Противоточная экстракция. принципы организации, преимущества и недостатки экстракционных методов разделения смесей.

Тема 4.

Принципы организации процессов получения высокочистых веществ.

Основные этапы организации процесса получения высокочистых веществ (информационная, разработка физико-химических основ процесса, методов определения содержания примесей, выбор схемы процесса, организация аппаратного оформления, выбор рабочих режимов, проверка схемы, корректировка, получение контрольных партий вещества, оформление документации). Содержание этапов, рекомендации по их организации. Получение высокочистого мышьяка, высокочистой серы,

высокочистого фторида натрия, высокочистых металлов. Используемые методы очистки, достигнутые результаты по содержанию отдельных примесей и суммы примесей.

Тема 5.

Современные достижения химии высокочистых веществ.

Современный уровень содержания примесей в высокочистых веществах. Постоянно действующая Выставка-коллекция веществ особой чистоты в ИХВВ РАН. Применение высокочистых веществ в современной науке, технике, промышленности. Основные функциональные материалы на основе высокочистых веществ. Летучие вещества, металлы и сплавы, оптические материалы, полупроводниковые материалы, контейнерные материалы, моноизотопные вещества, наноматериалы.

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.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "-" (-).
- открытый онлайн-курс МООС "-" (-).

Иные учебно-методические материалы: Чурбанов М.Ф., Вельмузов А.П. Химия высокочистых неорганических веществ: учебное пособие. - Н. Новгород: ННГУ, 2015. - 170 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:

1. Лабораторная работа "Вакуумная техника в синтезе высокочистых веществ"

Знать современные способы достижения форвакуума и высокого вакуума, предельные возможности, преимущества и недостатки каждого способа

2. Лабораторная работа "Синтез и сублимационная очистка β-дикетонатов металлов"

Знать структурные особенности β-дикетонатных комплексных соединений, способы их синтеза, теоретические основы сублимационных методов разделения смесей

3. Лабораторная работа "Зонная плавка"

Знать математические закономерности кристаллизационных методов разделения смесей, основы расчета эффективности разделения смесей зонной плавкой в зависимости от числа проходов расплавленной зоны

4. Лабораторная работа "Основы газовой хроматографии"

Знать принцип метода, основы теоретических расчетов в газовой хроматографии

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Допуск к лабораторной работе) для оценки сформированности компетенции ПК-1-г:

1. Лабораторная работа "Вакуумная техника в синтезе высокочистых веществ"

Знать современные способы достижения форвакуума и высокого вакуума, подходы к аппаратурному оформлению, , предельные возможности, преимущества и недостатки каждого способа

2. Лабораторная работа "Синтез и сублимационная очистка β -дикетонатов металлов"

Знать структурные особенности β -дикетонатных комплексных соединений, способы их синтеза, теоретические основы и аппаратурное оформление сублимационных методов разделения смесей

3. Лабораторная работа "Зонная плавка"

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Допуск к лабораторной работе) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н:

Уметь находить в специализированной научной и справочной литературе сведения о современном состоянии методов глубокой очистки веществ, лучших результатах по степени чистоты веществ, подвергнутых очистке разными методами

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.

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

1. Наличие в отчете о лабораторной работе обработки полученных экспериментальных результатов с использованием корректных алгоритмов их математической обработки

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

1. Лабораторная работа "Зонная плавка"

Способность оценки эффективности очистки вещества методом зонной плавки, применения количественных закономерностей к расчетам с использованием экспериментальных данных

2. Лабораторная работа "Определение газообразующих примесей методом ИК-Фурье спектроскопии"

Способность обработки экспериментальных данных для определения содержания газообразующих примесей в изучаемых объектах

3. Лабораторная работа "Основы газовой хроматографии"

Умение обрабатывать экспериментальные данные, определять содержание компонентов в разделяемой смеси по величинам высот и площадей аналитических пиков

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

1. Наличие в отчете литературного обзора по тематике работы с использованием литературных источников разных типов (учебной литературы, научной литературы в печатном и электронном видах), включая актуальную информацию о новейших исследованиях по тематике работы

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

1. Обобщение и критический анализ полученных экспериментальных результатов, грамотное формулирование выводов по выполненной работе.

2. Наличие оценочных суждений по перспективам проведенного исследования и применения полученных экспериментальных результатов.

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.

5.1.8 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н:

1. Высокочистым называется вещество, в котором:

- 1) до минимально возможных значений снижено содержание лимитируемых примесей;
- 2) до минимально возможных значений снижено содержание всех примесей;
- 3) снижено содержание лимитируемых примесей до уровня, на котором они не оказывают влияния на требуемое свойство;
- 4) снижено содержание отдельных примесей до уровня 10^{-8} % масс.

Ответ: 2.

2. Среди перечисленных методов очистки веществ к химическим методам относится:

- 1) ректификация;
- 2) зонная плавка;
- 3) карбонильный метод;
- 4) нормальная направленная кристаллизация.

Ответ: 3.

3. Очистка кремния гидридным методом является:

- 1) химическим методом с изменением химической формы основы;
- 2) химическим методом с изменением химической формы примесей;
- 3) химическим методом с изменением химических форм основы и примесей;
- 4) физико-химическим методом очистки.

Ответ: 1.

5.1.9 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н:

1. В азотной кислоте маркировки «осч. 21 – 5» определено содержание:

- 1) 5 неорганических примесей;
- 2) 21 неорганической примеси;
- 3) 21 неорганической примеси и 5 органических примесей;
- 4) 5 неорганических примесей и 21 органической примеси.

Ответ: 2.

2. При использовании германии в качестве полупроводникового материала лимитируемой примесью является:

- 1) углерод;

- 2) кремний;
- 3) мышьяк;
- 4) кислород.

Ответ: 3.

3. Для получения высокочистого германия используют:

- 1) только химические методы разделения смесей;
- 2) только физико-химические методы разделения смесей;
- 3) совокупность химических и физико-химических методов разделения;
- 4) необходимость применения методов разделения смесей отсутствует.

Ответ: 3.

5.1.10 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-3-н:

1. Физические методы разделения смесей по сравнению с химическими методами:

- 1) обеспечивают больший эффект разделения;
- 2) обеспечивают меньший эффект разделения;
- 3) обеспечивают одинаковый эффект разделения;
- 4) эффект разделения зависит от природы очищаемого вещества и отделяемой примеси.

Ответ: 4.

2. Эффективность разделения веществ в ректификационной колонне выше:

- 1) в отборном режиме работы колонны;
- 2) в безотборном режиме работы колонны;
- 3) при чередовании отборного и безотборного режимов;
- 4) не зависит от режима работы колонны.

Ответ: 2.

3. Эффект очистки одной и той же смеси методом нормальной направленной кристаллизации и зонной плавкой с одним проходом расплавленной зоны:

- 1) выше при использовании нормальной направленной кристаллизации;
- 2) выше при использовании зонной плавки с одним проходом расплавленной зоны;
- 3) одинаков;

4) вещество, которое можно очистить нормальной направленной кристаллизацией, нельзя очистить зонной плавкой

Ответ: 3.

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

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.

5.1.11 Типовые задания (оценочное средство - Проектная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-1-т:

Индивидуальная проектная работа на тему «История, современное положение и перспективы получения вещества в высокочистом состоянии».

Содержательный план работы:

1. Характеристика вещества:

- 1) физические свойства;
- 2) химические свойства (лучше с классификацией – реакции без изменения степеней окисления, окислительно-восстановительные реакции – если есть);
- 3) области применения вещества.

2. Требования, предъявляемые к степени чистоты вещества.

3. Исторические способы очистки вещества и достигнутые пределы по степени чистоты (если есть, *желательно – со ссылками на литературные источники*).

4. Современное состояние очистки вещества:

- 1) используемые методы очистки;
- 2) используемые методы анализа;
- 3) достигнутые значения по содержанию отдельных примесей и общему содержанию примесей.

Со ссылками на литературные источники!

Можно посмотреть не только учебную литературу, но и статьи, патенты и т.д.

5. Перспективы в очистке вещества.

Формат представления работы:

презентация с последующей защитой.

Критерии оценивания (оценочное средство - Проектная работа)

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 достижения 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 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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

						полном объеме	
<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 некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	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
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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».
	плохо	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. Дайте определения понятиям: высокочистое вещество, особо чистое вещество, лимитируемая примесь.
2. Перечислите основные подходы к классификации веществ по степени чистоты.
3. Дайте определение понятиям: основное вещество, примесь.
4. Перечислите формы нахождения примесей в веществах.

5. Что называют областью примесной чувствительности?
6. Приведите примеры влияния примесей на оптические и химические свойства веществ.
7. Дайте определение элементарного разделительного процесса.
8. Что вкладывают в понятие «метод разделения смесей»?
9. Что называют коэффициентом разделения?
10. Перечислите виды методов, применяемых для очистки веществ.

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

1. Перечислите виды методов, применяемых для очистки веществ.
2. На чём основаны химические методы разделения смесей?
3. Приведите примеры химических методов с изменением химической формы основы и с изменением химической формы примесей.
4. Чем определяются предельные возможности химических методов?
5. Что называют «химическими транспортными реакциями»?
6. На чём основано разделение при использовании дистилляционных методов?
7. Что такое перегонка, ректификация? В каких вариантах они могут быть проведены?
8. На чём основано разделение при использовании кристаллизационных методов?
9. Что такое нормальная направленная кристаллизация, противоточная кристаллизация, зонная плавка?
10. В чём заключается сущность зонной плавки?

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

1. Каково суммарное содержание количественно определённых неорганических примесей в азотной кислоте марки «осч 21-5»?
2. Какую информацию можно получить из маркировки вещества «оп-3 осч 16-4»?
3. Какими методами в настоящее время получают высокочистую серу?
4. Каково содержание примесей разных групп в наиболее чистых образцах серы?
5. Какими методами в настоящее время получают высокочистый мышьяк?
6. Каково содержание примесей разных групп в наиболее чистых образцах мышьяка?
7. Чем обусловлена необходимость получения веществ, содержащих моноизотопные элементы?
8. Какие методы используют для получения высокочистого моноизотопного кремния-28 в настоящее время?
9. Каково содержание кремния-28 в лучших образцах?
10. Какие методы используют для получения высокочистых металлов в настоящее время?

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

1. Приведите примеры влияния примесей на свойства веществ, которые были известны человечеству с древнейших времён.
2. Перечислите основные исторические периоды развития понятия «высокочистое вещество».
3. Как изменялось суммарное содержание примесей в образцах наиболее чистых веществ в разные периоды?
4. В чём заключается отличие понятий «высокочистое вещество» и «особо чистое вещество»?
5. Почему концентрация примесей является случайной величиной?
6. Дайте общую сравнительную характеристику химических и физико-химических методов разделения смесей.
7. Проведите сравнительный анализ возможностей использования химических методов с изменением формы основы и химических методов с изменением форм примесей в практике получения высокочистых веществ.
7. В чём заключаются преимущества и ограничения гидридного метода очистки?
8. В чём состоят преимущества и недостатки галогенидного метода очистки?
9. В чём заключаются преимущества и недостатки метода МОС?
10. Дайте общую сравнительную характеристику дистилляционных и кристаллизационных методов разделения смесей.

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

Оценка	Критерии оценивания
	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 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. Введение в теорию глубокой очистки веществ / АН СССР, Секция хим.-технол. и биол. наук. - М. : Наука, 1981. - 320 с. : ил. - 2.50., 62 экз.
2. 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.

Дополнительная литература:

1. Девярых Г. Г. Выставка-коллекция веществ особой чистоты / [Отв. ред. Г. Г. Девярых]. - М. : Наука, 2003. - 236 с. : ил., 1 л. портр. - ISBN 5-02-006483-1 : 30.00., 2 экз.
2. Девярых Григорий Григорьевич. Высокочистые халькогены : моногр. / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, РАН, Ин-т химии высокочистых веществ. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. ун-та, 1997. - 244 с. - 25.00., 1 экз.
3. Девярых Григорий Григорьевич. Летучие неорганические гидриды особой чистоты / АН СССР, Ин-т химии. - М. : Наука, 1974. - 206 с. : с черт. - 1.53., 4 экз.

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

-

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной

программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

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 специальности 04.05.01 - Фундаментальная и прикладная химия.

Автор(ы): Тихонова Елена Леонидовна, кандидат химических наук.

Рецензент(ы): Маркин Алексей Владимирович, доктор химических наук.

Заведующий кафедрой: Пермин Дмитрий Алексеевич, кандидат химических наук.

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