

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 Ученого совета ННГУ  
протокол № 6 от 31.05.2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Химия веществ высокой чистоты

---

Уровень высшего образования  
Магистратура

---

Направление подготовки / специальность  
04.04.01 - Химия

---

Направленность образовательной программы  
Химическая технология для микроэлектроники

---

Форма обучения  
очная, очно-заочная

---

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03.03 Химия веществ высокой чистоты 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<br>(код, содержание компетенции)  | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции  |   | Наименование оценочного средства   |   |
|---|--|---|------------------------------------|---|
|   | Индикатор достижения компетенции<br>(код, содержание индикатора)   | Результаты обучения по дисциплине   | Для текущего контроля успеваемости | Для промежуточной аттестации            |
| <i>ПК-1-н: Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках</i> | <i>ПК-1-н-1: Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий</i>   | <i>ПК-1-н-1:<br/>Знать:<br/>Основные стадии процесса получения веществ в высокочистом состоянии.<br/>Уметь:<br/>самостоятельно сформировать принципиальную схему очистки вещества, обосновать выбор методов очистки, предложить возможность аппаратного оформления процессов очистки.<br/>Владеть:<br/>Базовыми алгоритмами составления технологических схем получения веществ в высокочистом состоянии</i> | <i>Тест</i>                        | <i>Экзамен:<br/>Контрольные вопросы</i> |
| <i>ПК-1-хтм: Способен использовать современные методы решения практических задач оптимизации технологических процессов в области инженерной химии</i>   | <i>ПК-1-хтм-1: Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения оставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов</i> | <i>ПК-1-хтм-1:<br/>Знать:<br/>основные этапы формирования представления о химической чистоте веществ; классификацию веществ по степени чистоты; теоретические основы влияния природы и формы примесей на свойства веществ; теоретические основы и аппаратное оформление базовых процессов глубокой очистки веществ.</i>   | <i>Тест</i>                        | <i>Экзамен:<br/>Контрольные вопросы</i> |

|  |   |   |           |                                 |
|--|---|---|-----------|---------------------------------|
|  |   | <p>Уметь:</p> <p>применять изученные теоретические закономерности для решения практических задач.</p> <p>Владеть:</p> <p>навыками работы с учебной и научной литературой по химии и технологии высокочистых веществ.</p>  |           |                                 |
| ПК-2-н: Способен проводить информационные исследования в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках  | ПК-2-н-1: Анализирует и обобщает результаты информационного поиска по тематике проекта в области химии и химической технологии материалов микроэлектронной техники  | <p>ПК-2-н-1:</p> <p>Знать:</p> <p>современное состояние и достигнутый уровень чистоты веществ и используемые для этого 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>   | Тест      | Экзамен:<br>Контрольные вопросы |
| ПК-3-н: Способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках | <p>ПК-3-н-1:</p> <p>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> | Дискуссия | Экзамен:<br>Реферат             |

|  |  |   |  |  |
|--|--|---|--|--|
|  |  | <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> |  |  |
|--|--|---|--|--|

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

|  | очная                       | очно-заочная                |
|--|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>Общая трудоемкость, з.е.</b>  | <b>5</b>                    | <b>5</b>                    |
| <b>Часов по учебному плану</b>   | <b>180</b>                  | <b>180</b>                  |
| в том числе  |                             |                             |
| <b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>                           |                             |                             |
| - занятия лекционного типа   | 32                          | 32                          |
| - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | 32                          | 32                          |
| - КСР  | 2                           | 2                           |
| <b>самостоятельная работа</b>  | <b>60</b>                   | <b>78</b>                   |
| <b>Промежуточная аттестация</b>  | <b>54</b><br><b>экзамен</b> | <b>36</b><br><b>экзамен</b> |

#### 3.2. Содержание дисциплины

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

| Наименование и краткое содержание 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<br>ф       | о<br>з<br>ф | о<br>ф   | о<br>з<br>ф | о<br>ф   | о<br>з<br>ф | о<br>ф | о<br>з<br>ф | о<br>ф                                    | о<br>з<br>ф |
| Тема 1. Развитие методов получения высокочистых веществ и материалов           | 16           | 22          | 4  | 4           | 4  | 4           | 8      | 8           | 8   | 14          |
| Тема 2. Влияние концентрации и формы вхождения примесей на свойства материалов | 14           | 20          | 4  | 4           | 4  | 4           | 8      | 8           | 6   | 12          |
| Тема 3. Теоретические основы химической технологии глубокой очистки веществ    | 44           | 48          | 12   | 12          | 12   | 12          | 24     | 24          | 20  | 24          |
| Тема 4. Принципы организации процессов получения высокочистых веществ          | 26           | 26          | 8  | 8           | 4  | 4           | 12     | 12          | 14  | 14          |

|   |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Тема 5. Современные достижения химии высокочистых веществ | 24  | 26  | 4  | 4  | 8  | 8  | 12 | 12 | 12 | 14 |
| Аттестация  | 54  | 36  |    |    |    |    |    |    |    |    |
| КСР   | 2   | 2   |    |    |    |    | 2  | 2  |    |    |
| Итого   | 180 | 180 | 32 | 32 | 32 | 32 | 66 | 66 | 60 | 78 |

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 - 16 ч., очно-заочная форма обучения - 16 ч.

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

-

#### **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 - 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.

4. Из перечисленных методов очистки веществ к дистилляционным методам относится:

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

Ответ: 1.

5. В тарельчатой колонне массообмен между жидкой и паровой фазой осуществляется:

- 1) непрерывно по всей высоте колонны;
- 2) дискретно на специальных устройствах – тарелках;
- 3) непрерывно или дискретно в зависимости от конструкции тарелок;
- 4) массообмена не происходит.

Ответ: 1.

6. Первым этапом получения вещества в высокочистом состоянии является:

- 1) информационный этап;
- 2) этап разработки физико-химических основ;
- 3) этап выбора схемы процесса;
- 4) этап аппаратного оформления процесса.

Ответ: 1

### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-1-хтм**

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.

4. При очистке веществ зонной плавкой для обеспечения максимальной степени очистки число проходов расплавленной зоны:

- 1) должно быть как можно большим;
- 2) достаточно одного прохода расплавленной зоны;
- 3) имеется оптимальное значение числа проходов;
- 4) степень очистки не связана с числом проходов.

Ответ: 3.

5. Возможна ли организация очистки никеля карбонильным методом в формате химических транспортных реакций:

- 1) да, возможна;
- 2) нет, невозможна.

Ответ: 1.

6. Примеси золота при электрохимическом рафинировании меди:

- 1) окисляются на аноде, перемещаются в катодное пространство, но на катоде не восстанавливаются;
- 2) окисляются на аноде, перемещаются в катодное пространство и восстанавливаются на катоде;
- 3) на аноде не окисляются, но растворяются в электролите;
- 4) на аноде не окисляются, скапливаются в неизменном виде в анодном пространстве в составе «анодных шламов».

Ответ: 4.

7. Дистилляционные методы разделения смесей по сравнению с кристаллизационными 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.

#### **5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-2-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.

4. При очистке веществ зонной плавкой для обеспечения максимальной степени очистки число проходов расплавленной зоны:

- 1) должно быть как можно большим;
- 2) достаточно одного прохода расплавленной зоны;
- 3) имеется оптимальное значение числа проходов;
- 4) степень очистки не связана с числом проходов.

Ответ: 3.

5. Возможна ли организация очистки никеля карбонильным методом в формате химических транспортных реакций:

- 1) да, возможна;
- 2) нет, невозможна.

Ответ: 1.

6. Примеси золота при электрохимическом рафинировании меди:

- 1) окисляются на аноде, перемещаются в катодное пространство, но на катоде не восстанавливаются;
- 2) окисляются на аноде, перемещаются в катодное пространство и восстанавливаются на катоде;
- 3) на аноде не окисляются, но растворяются в электролите;
- 4) на аноде не окисляются, скапливаются в неизменном виде в анодном пространстве в составе «анодных шламов».

Ответ: 4.

7. Дистилляционные методы разделения смесей по сравнению с кристаллизационными 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.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

| Оценка     | Критерии оценивания   |
|------------|---|
| зачтено    | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок |
| не зачтено | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.                                  |

#### 5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Дискуссия) для оценки сформированности компетенции ПК-3-н

1. Каково содержание кремния-28 в лучших образцах?
2. Какие методы используют для получения высокочистых металлов в настоящее время?
3. Какие варианты нормальной направленной кристаллизации используют в практике глубокой очистки веществ?
4. Очистку каких металлов проводят электрохимическим рафинированием?
5. Какой уровень содержания примесей может быть достигнут при использовании электрохимических методов?

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Дискуссия)

| Оценка     | Критерии оценивания  |
|------------|--|
| зачтено    | 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» |
| не зачтено | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»  |

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

##### Шкала оценивания сформированности компетенций

| Уровень сформированности компетенций (индикатор) | плохо      | неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | очень хорошо | отлично | превосходно |
|--|------------|---------------------|-------------------|--------|--------------|---------|-------------|
|  | не зачтено |                     | зачтено           |        |              |         |             |

| атора<br>достиж<br>ения<br>компет<br>енций) |   |  |  |   |   |   |  |
|---|---|--|--|---|---|---|--|
| <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 и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме | Продемонстрированы 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 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 | <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

#### 5.3.1 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

##### Оценочное средство - Контрольные вопросы

##### Экзамен

##### Критерии оценивания (Контрольные вопросы - Экзамен)

| <b>Оценка</b>       | <b>Критерии оценивания</b>   |
|---------------------|--|
| 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» |
| неудовлетворительно | 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» |
| плохо               | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»  |

**Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н (Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках)**

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.
  11. На чём основаны химические методы разделения смесей?
  12. Приведите примеры химических методов с изменением химической формы основы и с изменением химической формы примесей.
  13. Чем определяются предельные возможности химических методов?
  14. Что называют «химическими транспортными реакциями»?
- Как проводят иодидное рафинирование циркония?
15. На чём основано разделение при использовании дистилляционных методов?
  16. Что такое перегонка, ректификация? В каких вариантах они могут быть проведены?
  17. Перечислите виды ректификационных колонн.
  18. На чём основано разделение при использовании кристаллизационных методов?
  19. Что такое нормальная направленная кристаллизация, противоточная кристаллизация, зонная плавка?
  20. В чём заключается сущность зонной плавки?
  21. Дайте определения понятиям: экстракция, экстрагент, экстракт, рафинат.
  22. Перечислите виды экстракции.
  23. Перечислите основные подходы к получению высокочистых веществ.
  24. Назовите основные этапы организации получения высокочистых веществ.
  25. Что включает информационный этап?
  26. В чём заключается этап разработки физико-химических основ?

27. В чём состоит этап разработки методов определения содержания примесей?
28. В чём заключается сущность этапа выбора схемы процесса?
29. Что включает этап аппаратного оформления процесса?

**Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-1-хтм (Способен использовать современные методы решения практических задач оптимизации технологических процессов в области инженерной химии)**

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 чем заключаются преимущества и ограничения гидридного метода очистки?
8. В чем состоят преимущества и недостатки галогенидного метода очистки?
9. В чем заключаются преимущества и недостатки метода МОС?
10. Дайте общую сравнительную характеристику дистилляционных и кристаллизационных методов разделения смесей.
11. В чем заключается комплексный подход к проблеме получения вещества в высокочистом состоянии?
12. Чем обусловлен выбор метода разделения для очистки конкретного вещества

**Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н (Способен проводить информационные исследования в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках)**

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?

## Оценочное средство - Реферат

### Экзамен

### Критерии оценивания (Реферат - Экзамен)

| Оценка              | Критерии оценивания  |
|---------------------|--|
| 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» |
| неудовлетворительно | 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» |
| плохо               | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»  |

**Типовые задания (Реферат - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-3-н**  
(Способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках)

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.

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

Основная литература:

1. 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.
2. 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.
3. Неорганическая химия. Химия элементов : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению 510500 "Химия" и специальности 011000 "Химия" : [в 2 т.] / МГУ им. М. В. Ломоносова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во Моск. ун-та : Академкнига, 2007-. - (Классический университетский учебник : осн. в 2002 г. / ред. совет: В. А. Садовничий (пред.) [и др.]). Неорганическая химия. Химия элементов. Т. 1. - 2007. - 537 с. - ISBN 978-5-211-05332-2 (т. 1) : 280.00., 48 экз.
4. 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.

Дополнительная литература:

1. Методы получения особо чистых неорганических веществ. - Л. : Химия, Ленингр. отд-ние, 1969. - 480 с. : с черт. - 2.19., 5 экз.
2. 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):

Не используется

## **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 направлению 04.04.01 - Химия.

Автор(ы): Пермин Дмитрий Алексеевич, кандидат химических наук.

Заведующий кафедрой: Пермин Дмитрий Алексеевич, кандидат химических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 25.05.2023 г., протокол № 7.