

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 № 12 от 09.11.2022 г.

Рабочая программа дисциплины

Физико-химические основы анализа высокочистых материалов

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.ДВ.02.02 Физико-химические основы анализа высокочистых материалов 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, химической технологии и/или смежных с химией науках | ПК-1-н.1: Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий | ПК-1-н.1: Знать: - общую характеристику физико-химических методов анализа; основные методы разделения и концентрирования Уметь: - работать с контрольно-измерительным оборудованием; - анализировать выходные данные контрольно-измерительного оборудования; Владеть: - навыками измерения физико-химических параметров высокочистых материалов характерными методами анализа; | Доклад-презентация | Зачёт: Контрольные вопросы |
| ПК-2-н: Способен проводить информационные исследования в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках | ПК-2-н.1: Проводит поиск специализированной информации в информационных базах данных | ПК-2-н.1: Знать: - основные методы производства и аналитического контроля высокочистых материалов с учетом современных тенденций развития электроники - основные показатели аналитического контроля производств высокочистых | Доклад-презентация | Зачёт: Контрольные вопросы |

| | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Раздел 1. Общая характеристика физико-химических методов и физических (инструментальных) методов анализа. Особенности и преимущества. Связь с экономикой производства. Значение инструментальных методов в экологических исследованиях и охране окружающей среды. | 26 | 26 | 8 | 9 | 8 | 9 | 16 | 18 | 10 | 8 |
| Раздел 2. Оптические методы анализа. Фотометрия (молекулярно-абсорбционный анализ. Эмиссионный спектральный анализ. Люминисцентный анализ (флуориметрия). Атомно-абсорбционный анализ | 26 | 26 | 8 | 9 | 8 | 9 | 16 | 18 | 10 | 8 |
| Раздел 3. Электрохимические методы анализа. Теоретические основы электрохимических явлений на границе электрод-раствор. Потенциометрия и потенциометрическое титрование. Кондуктометрия, кондуктометрическое и высокочастотное титрование. Кулонометрия при постоянном напряжении или токе. | 26 | 26 | 8 | 9 | 8 | 9 | 16 | 18 | 10 | 8 |
| Раздел 4. Другие методы анализа. Хроматографический анализ, масс-спектральный анализ, радиометрический анализ. Экстракция, электрохимические методы, ионный обмен, методы отгонки. Аналитическая служба предприятий, ее цели и задачи. Особенности аналитического контроля производства материалов электронной техники. | 29 | 29 | 8 | 9 | 8 | 9 | 16 | 18 | 13 | 11 |
| Аттестация | 0 | 0 | | | | | | | | |
| КСР | 1 | 1 | | | | | 1 | 1 | | |
| Итого | 108 | 108 | 32 | 36 | 32 | 36 | 65 | 73 | 43 | 35 |

Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. Общая характеристика физико-химических методов и физических (инструментальных) методов анализа. Особенности и преимущества. Связь с экономикой производства. Значение инструментальных методов в экологических исследованиях и охране окружающей среды.

Раздел 2. Оптические методы анализа. Фотометрия (молекулярно-абсорбционный анализ. Эмиссионный спектральный анализ. Люминисцентный анализ (флуориметрия). Атомно-абсорбционный анализ

Раздел 3. Электрохимические методы анализа. Теоретические основы электрохимических явлений на границе электрод-раствор. Потенциометрия и потенциометрическое титрование. Кондуктометрия, кондуктометрическое и высокочастотное титрование. Кулонометрия при постоянном напряжении или токе.

Раздел 4. Другие методы анализа. Хроматографический анализ, масс-спектральный анализ, радиометрический анализ. Экстракция, электрохимические методы, ионный обмен, методы отгонки. Аналитическая служба предприятий, ее цели и задачи. Особенности аналитического контроля производства материалов электронной техники.

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.

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 - Доклад-презентация) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н:

1. Фотометрия.
2. Эмиссионный спектральный анализ.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Доклад-презентация) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н:

1. Хроматография.
2. Масс-спектрометрия.

Критерии оценивания (оценочное средство - Доклад-презентация)

| Оценка | Критерии оценивания |
|---------------------|--|
| превосходно | Доклад - презентация подготовлен. Знания по теме выше требуемого уровня. Ответил на все дополнительные вопросы. Студент провел дополнительные исследования |
| отлично | Доклад - презентация подготовлен. Студент имеет знания, необходимые для понимания процессов данного метода анализа. Ответил на все дополнительные вопросы |
| очень хорошо | Доклад - презентация подготовлен. Студент имеет знания, необходимые для понимания процессов данного метода анализа. Ответил на 1 дополнительный вопрос |
| хорошо | Доклад - презентация подготовлен. Студент имеет знания, необходимые для понимания процессов данного метода анализа |
| удовлетворительно | Доклад - презентация не выполнен. Однако студент имеет минимальные знания по теме. Ответил правильно более чем на 1 вопрос. |
| неудовлетворительно | Доклад - презентация не был подготовлен. Знания по теме ниже требуемого уровня. |
| плохо | Доклад - презентация не выполнен. Студент отказался выполнять задание. |

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 | 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 и 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 | 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. Электропроводность раствора (общая, удельная, эквивалентная). Подвижности ионов, их зависимость от ионной силы раствора. Подвижности ионов водорода и гидроксид-ионов в водных растворах.
2. Происхождение спектров поглощения: электронных, колебательных и вращательных. Интервалы областей их волн.
3. Кондуктометрические методы анализа: прямая кондуктометрия, низкочастотное и высокочастотное титрование. Области применения, пределы обнаружения, точность, достоинства и ограничения методов.
4. Основной закон светопоглощения Ламберта-Бугера-Бера (ОЗС) и причины отклонения от него. Ограничения и условия применения ОЗС. Предел обнаружения и точность метода.
5. Измерение электропроводности раствора. Электроды. Способы снижения поляризации электродов. Константа сосуда и способы ее определения. Мостовая схема для измерения электропроводности раствора.

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

1. Методы прямого потенциометрического определения (ионометрия) и потенциометрического титрования, пределы обнаружения, точность, ограничения. Методы установления КТТ.
2. Способы регистрации спектров: визуальный, фотографический и фотоэлектрический. Используемые приборы и особенности их применения.
3. Кислотно-основное потенциометрическое титрование электролитов и их смеси в водных растворах. Границы количественных определений.

4. Узлы приборов для спектрального анализа и их характеристики.
5. Кислотно-основное потенциометрическое титрование в неводных средах.
Классификации растворителей. Влияние константы автопротолиза и силы кислот и оснований на условия определений.
6. Основные характеристики спектральных приборов: угловая и линейная дисперсия, спектральный диапазон, разрешающая способность.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|---|
| зачтено | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно». |
| не зачтено | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно» или «плохо». |

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

Основная литература:

1. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа : учебное пособие / Дударева Г. Н., Анциферов Е. А., Бегунова Л. А., Дударев В. И. - Иркутск : ИРНИТУ, 2018. - 196 с. - Книга из коллекции ИРНИТУ - Химия. - ISBN 978-5-8038-1315-6., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=801047&idb=0>.
2. Никитина Н. Г. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа : учебник и практикум / Н. Г. Никитина, А. Г. Борисов, Т. И. Хаханина ; под редакцией Н. Г. Никитиной. - 4-е изд. ; пер. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 394 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-00427-4. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=845337&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. / Гусев А.И. - Москва : Физматлит, 2009., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=634721&idb=0>.
2. Никольский Борис Петрович. Ионоселективные электроды. - Л. : Химия, Ленингр. отд-ние, 1980. - 239 с. : ил. - (Методы аналитической химии). - 1.80., 1 экз.
3. Александрова Э. А. Аналитическая химия в 2 книгах. Книга 2. Физико-химические методы анализа : учебник и практикум / Э. А. Александрова, Н. Г. Гайдукова. - 3-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 344 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-09460-2. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=846979&idb=0>.

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, компьютерами, специализированным оборудованием: Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: «Учебно-лабораторный интерактивный комплекс "Химическая технология для микроэлектроники", созданный на базе специального образовательного пространства «Опытное производство малотоннажных высокочистых веществ и материалов» для проведения практических и лабораторных занятий», предусмотренных программой, оснащенное чистым помещением ИСО 5 для проведения синтеза и анализа прекурсоров для микроэлектроники высокотехнологичным оборудованием: Ректификационная колонна, "Учебно-лабораторное интерактивное оборудование ЭЛБ-150.024.01", Дистанционный счетчик частиц в жидкости (Lighthouse REMOTE LPC 0.2µm), Микроволновой реакторный прибор UWave-2000, Ротационный испаритель в комплекте с мембранным вакуумным насосом Hei-VAP Expert Control ML/G3, Heidolph, Лабораторная установка очистки воды Аквалаб AL-4 EDI, Комплекс хроматографический газовый «Хромос ГХ-1000» с набором высокочувствительных детекторов, Хроматомасс-спектрометр GCMS-QP2010 Plus, Мультиспектральный волоконно-оптический комплекс с тремя методами спектроскопии. вычислительными ресурсами: 8 персональных компьютеров Количество ядер процессора: 6 штук, Количество потоков процессора: 12 штук, Объем кэша L3 процессора: 12 МБ, Техпроцесс процессора: 14 нм, Базовая частота процессора: 2.6 ГГц, Максимальная частота процессора: 4.4 ГГц, Суммарный объем памяти всего комплекта оперативной памяти 16 ГБ, офисное и мультимедийное оборудование, включая оборудование для представления презентаций и организации видеоконференцсвязи, специализированная мебель.

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 04.04.01 - Химия.

Автор(ы): Воротынцев Андрей Владимирович, кандидат химических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Князев Александр Владимирович, доктор химических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 29.09.2022 г., протокол № 1.