

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

Методы исследования твердых тел. Избранные главы

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки / специальность
04.04.01 - Химия

Направленность образовательной программы
Химическая технология для микроэлектроники

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03.ДВ.03.02 Методы исследования твердых тел. Избранные главы 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-2: Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных	ПК-1-н-1: Знать фундаментальные законы и понятия важнейших разделов химии твердого тела, включающие принципы взаимодействия рентгеновского излучения и потока электронов с веществом. Уметь интерпретировать наблюдаемые эффекты при взаимодействии рентгеновского излучения и потока электронов с веществом. Владеть навыками проведения эксперимента при решении исследовательских задач в области химии твердого тела. ПК-1-н-2: Знать основные методы микроскопии для исследования морфологии, структуры и состава поверхности твердых тел. Уметь выбирать подходящий метод исследования для конкретной научно-исследовательской задачи. Владеть знаниями о теоретических основах каждого метода и особенностями их аппаратной части.	Дискуссионное обсуждение	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-2: Анализирует и обобщает результаты информационного поиска по тематике проекта в выбранной области химии и/или смежных с химией науках	ПК-2-н-1: Знать способы пробоподготовки образцов для различных исследований методами микроскопии. Уметь осуществлять пробоподготовку образцов для сканирующего электронного микроскопа. Владеть знаниями о возможных артефактах на изображении или ошибок в экспериментальных данных, связанных с пробоподготовкой. ПК-2-н-2: Знать арсенал доступного оборудования для проведения микроскопических исследований в рамках ННГУ. Уметь анализировать данные из научных публикаций, полученные методами микроскопии и элементного анализа. Владеть навыками расчета массовых и атомных процентов содержания элементов из энергетических спектров.	Задания	Зачёт: Задачи
---	--	--	---------	------------------

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	36
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	36
- КСР	1
самостоятельная работа	35
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

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. Электронная микроскопия.	30	10	10	20	10
Тема 2. Элементный анализ.	47	16	16	32	15
Тема 3. Зондовая микроскопия.	30	10	10	20	10
Аттестация	0				
КСР	1				1
Итого	108	36	36	73	35

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Электронная микроскопия. Изучение теоретических основ методов сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии. Изучение основных аппаратных узлов методов. Понимание принципов формирования изображения, анализ изображений, полученных данными методами.

Тема 2. Элементный анализ. Изучение методов анализа элементного и химического состава твердых материалов, как совмещенных с электронными колоннами, так и индивидуальных. 1) Рентгеновский микроанализ (ЭДС, ВДС). 2) Электронная оже-спектроскопия. 3) Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. 4) Вторичная ионная масс-спектрометрия. 5) Спектроскопия характеристических потерь энергии электронами. Знакомство с теоретическими физическими основами каждого метода, аппаратными узлами, видами результатов анализа и способами их обработки.

Тема 3. Зондовая микроскопия. Изучение физических основ методом атомно-силовой и сканирующей туннельной микроскопии. Знакомство с основными аппаратными узлами, принципами формирования изображения, способами интерпретации результатов анализа.

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.

Фукина Д.Г. МЕТОДЫ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МОРФОЛОГИИ, СТРУКТУРЫ И СОСТАВА ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ: Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2022. – 84 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 - Дискуссионное обсуждение) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н:

1. Просмотр обучающих фильмов об устройстве электронных и зондовых микроскопов и результатах, получаемых с их использованием.
2. Обсуждение возможностей различных методов в применении к объектам студентов в рамках их научно-исследовательской работы.

Критерии оценивания (оценочное средство - Дискуссионное обсуждение)

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 - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н:

1. Выбрать объект для исследования на сканирующем электронном микроскопе в рамках своей научно-исследовательской работы.
2. Осуществить необходимую пробоподготовку образца.
3. Ознакомиться с процедурой работы на сканирующем электронном микроскопе с преподавателем.
4. Обработать полученные результаты и представить их в виде краткого отчета и презентации.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

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.

Оценка	Критерии оценивания
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	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	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

	обучающегося от ответа		некоторым и недочетами	и недочетами	недочетов	ошибок и недочетов	
--	---------------------------	--	------------------------------	-----------------	-----------	-----------------------	--

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. Сканирующая электронная микроскопия. Принцип работы метода. Детектор вторичных электронов. Детектор обратно отраженных электронов. Назначение и объекты исследования.
2. Сканирующая электронная микроскопия. Принцип работы метода. Ионная пушка и сканирующий ионный микроскоп. Детектор дифракции отраженных электронов. Назначение и объекты исследования.
3. Сканирующая электронная микроскопия. Принцип работы метода. Основные аппаратные узлы. Типы контраста изображения. Назначение и объекты исследования.
4. Просвечивающая электронная микроскопия. Принцип работы метода, виды ПЭМ. Назначение и объекты исследования. Способы пробоподготовки.
5. Просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения. Принцип работы. Типы контраста изображения. Назначение и объекты исследования.

6. Сканирующая просвечивающая электронная микроскопия. Принцип работы. Типы детекторов и виды контраста изображения. Назначение и объекты исследования.

7. Сканирующая зондовая микроскопия. Принцип работы метода. Особенности СТМ и АСМ. Назначение и объекты исследования.

8. Рентгеновский микроанализ. Физические основы метода. Особенности реализации в случае ЭДС и ВДС. Назначение и объекты исследования.

9. Электронная оже-спектроскопия. Физические основы метода. Особенности строения системы детектирования. Назначение и объекты исследования.

10. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Физические основы метода. Особенности строения системы детектирования. Назначение и объекты исследования.

11. Вторичная ионная-масс спектрометрия. Ионная пушка. Физические основы метода. Назначение и объекты исследования.

12. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронами. Физические основы метода. Виды информации об образце.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

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.

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

1. По СЭМ изображению определить размеры объекта и дефектов на его поверхности.

2. Для двух образцов был проведен элементный анализ методом рентгеновского микроанализа с помощью ЭДС-детектора. Результаты анализа представлены в таблице в массовых %. Пересчитайте результаты в атомных % и массовых % основных оксидов.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Допустимый уровень знаний выше минимального. Продемонстрированы основные умения. При решении типовых заданий могут быть негрубые ошибки. Имеется набор навыков выше

Оценка	Критерии оценивания
	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.

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

Основная литература:

1. Николичев Д. Е. Химический анализ твердотельных гетеронаносистем методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии : учебное пособие / Николичев Д. Е., Боряков А. В., Суродин С. И. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2014. - 73 с. - Рекомендовано методической комиссией физического факультета для студентов ННГУ, обучающимся по направлениям 222900 – "Нанотехнологии и микросистемная техника", 210100 – "Электроника и наноэлектроника". - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Химия., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=729851&idb=0>.
2. Николичев Д. Е. Локальная диагностика состава полупроводниковых наносистем методом сканирующей оже-микроскопии : учебно-методическое пособие / Николичев Д. Е., Боряков А. В. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2011. - 110 с. - Рекомендовано методической комиссией физического факультета для студентов ННГУ, обучающимся по направлениям 210600 – "Нанотехнология в электронике" 210100 – "Электроника и микроэлектроника". - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Инженерно-технические науки., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=730437&idb=0>.
3. Сахаров Н. В. Растровая электронная микроскопия : учебное пособие / Сахаров Н. В., Фаддеев М. А. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2020. - 96 с. - Рекомендовано методической комиссией физического факультета для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки: 03.03.02 «Физика» и 03.04.02 «Физика». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Физика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=783303&idb=0>.
4. Электронная микроскопия. Кн. 11 / Власов А.И., Елсуков К.А., Косолапов И.А. - Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=661371&idb=0>.
5. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур: сканирующая зондовая микроскопия / Филимонова Н.И., Кольцов Б.Б. - Москва : НГТУ, 2013., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=654559&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Трансмиссионная электронная микроскопия в биологии и медицине / Сальникова М. М.,

Малютина Л. В., Саитов В. Р., Голубев А. И. - Казань : КФУ, 2016. - 125 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции КФУ - Биология. - ISBN 978-5-00019-601-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=704044&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: Учебная аудитория с проектором и экраном (140 ауд. 2 корпус). Растровый электронный микроскоп JEOL JSM-IT300LV с энерго- и волнодисперсионным элементным анализаторами (233 ауд, 5 корпус). Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

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 04.04.01 - Химия.

Автор(ы): Фукина Диана Георгиевна, кандидат химических наук.

Заведующий кафедрой: Сулейманов Евгений Владимирович, доктор химических наук.

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