

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет химии и высоких технологий



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,  
качеству образования – пер-  
вый проректор

Хагуров Т.А.

Мая \_\_\_\_\_ 2024 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.ДВ.03.02 ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ И КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Направление подготовки –

04.03.01 Химия

Направленность (профиль) –

«неорганическая химия и химия коорди-  
национных соединений»


Форма обучения – очная

Квалификация выпускника – бакалавр

Краснодар 2024

**Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.03.02 «Электронная микроскопия неорганических и композитных материалов»** составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 04.03.01 – Химия.

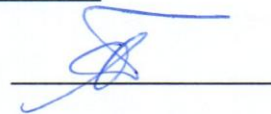
Программу составил:

Волынкин В.А., зав. кафедрой общей, неорганической химии и информационно-вычислительных технологий в химии, к.х.н. 

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.03.02 «Электронная микроскопия неорганических и композитных материалов» утверждена на заседании кафедры общей, неорганической химии и ИВТ в химии протокол № 8 от «23» апреля 2024 г.

Заведующий кафедрой  Волынкин В.А.

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета химии и высоких технологий, протокол № 7 «20» мая 2024 г.

Председатель УМК факультета Беспалов А.В. 

Рецензенты:

Крапивин Г.Д, главный научный сотрудник ЦКП «ИЦПиХТ»  
ФГБОУ ВО «КубГТУ», д.х.н., профессор

Болотин С.Н, зав. кафедрой экологии и природопользования  
ФГБОУ ВО «КубГУ», к.х.н, доцент

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

### 1.1. Цель дисциплины:

Обучить студентов владению современными методами визуализации и химического анализа поверхности различных твердых тел с помощью методов электронной микроскопии высокого разрешения.

### 1.2. Задача дисциплины:

- знакомство студентов с основными методами и возможностями сканирующей растровой и зондовой электронной микроскопии;
- формирование навыков получения и обработки информации с помощью электронного микроскопа.

### 1.3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Электронная микроскопия неорганических и композитных материалов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1. Дисциплины (Модули) учебного плана. В соответствии с рабочим учебным планом дисциплина изучается на 4 курсе. Вид промежуточной аттестации: зачет.

Для ее изучения используются знания курсов «Физические методы анализа» и «Физика». Знания и навыки, полученные в результате освоения данного курса, могут быть использованы при изучении специальных профильных дисциплин, таких как «Методы исследования неорганических и композитных материалов», «Перспективные неорганические материалы со специальными функциями», «Неорганические композитные материалы», а также в научно-исследовательской работе студентов.

### 1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
<u>ПК-1</u> - Способен осуществлять стандартные операции по предлагаемым методикам, направленные на получение и исследование различных соединений и материалов	
ИПК-1.1. Осуществляет стандартные операции по предлагаемым методикам, направленные на получение и исследование химических соединений различной природы и материалов на их основе	Знать основные методики подготовки образцов и проведения анализа.
ИПК-1.2. Выбирает оптимальные лабораторные методы получения и исследования химических соединений различной природы и материалов на их основе	Уметь проводить подготовку образцов и выполнять анализ для образцов различного типа.
	Владеть методикой подготовки образцов и выполнения анализа для образцов различного

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	типа.
<b>ПК-2</b> - Способен применять современную аппаратуру при проведении научных исследований, а также обрабатывать и анализировать полученные результаты.	
ИПК-2.1. Осуществляет исследование химических соединений и материалов с использованием современного химического оборудования ИПК-2.2. Обрабатывает и анализирует экспериментальные данные, полученные с использованием современной химической аппаратуры	Основные части современного электронного микроскопа и принцип их действия
	Уметь проводить основные операции и техническое обслуживание прибора
	Владеть базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач. ед. (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры (часы)			
		8			
<b>Контактная работа, в том числе:</b>					
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>	<b>60</b>	<b>60</b>			
Занятия лекционного типа	20	20		-	-
Лабораторные занятия	40	40		-	-
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	-	-		-	-
	-	-		-	-
<b>Иная контактная работа:</b>					
Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4			
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2	0,2			
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>					
Курсовая работа	-	-		-	-
Проработка учебного (теоретического) материала	20	20		-	-
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)	10	10		-	-
Реферат	-	-		-	-
Подготовка к текущему контролю	13,8	13,8		-	-
<b>Контроль:</b>					
Подготовка к экзамену	-	-			
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>час.</b>	<b>108</b>	<b>108</b>		-
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>64,2</b>	<b>64,2</b>		
	<b>зач. ед</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		

### 2.2 Структура дисциплины.

Распределение видов учебной работы и их трудоёмкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 8 семестре (для студентов ОФО)

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Теоретические основы электронной микроскопии	22	4		8	10
2.	Устройство электронного микроскопа	40	8		16	16
3.	Формирование изображения в сканирующем электронном микроскопе	10	2		4	4
4.	Разновидности сканирующей электронной микроскопии	20	4		8	8
5.	Рентгеновский микроанализ.	11,8	2		4	5,8
	<i>ИТОГО по разделам дисциплины</i>	103,8	20		40	43,8
	<i>Контроль самостоятельной работы (КСР)</i>	4	4			
	<i>Промежуточная аттестация (ИКР)</i>	0,2	0,2			
	<i>Подготовка к текущему контролю</i>	13,8	13,8			
	<i>Общая трудоёмкость по дисциплине</i>	108	108			

## 2.3 Содержание разделов дисциплины

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Теоретические основы электронной микроскопии	Взаимодействие электронов высокой энергии с веществом. Рассеяние электронов. Характеристическое рентгеновское излучение. Оже- электроны. Катодолюминесценция.	<i>Коллоквиум</i>
2.	Устройство электронного микроскопа.	Колонна электронного микроскопа. Вакуумная система. Типы электронных пушек. Детекторы излучений. Приставки для сканирующего электронного микроскопа.	<i>Реферат. Доклад на тему.</i>
3.	Формирование изображения в сканирующем электронном микроскопе	Сканирование электронным лучом. Сканирование вдоль линии. Механизмы и природа формирования контраста. Глубина фокуса. Искажения изображений.	<i>Коллоквиум</i>
4.	Разновидности сканирующей электронной	Детекторы сигналов, их характеристики и влияние на формирование контрастов. Низковакуумная сканирующая электронная микроскопия.	<i>Реферат. Доклад на тему.</i>

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
	микроскопии		
5.	Рентгеновский микроанализ	Генерация рентгеновского излучения. Спектрометрия с энергетической дисперсией. Спектрометрия с волновой дисперсией.	<i>Проверка работ. Отчеты о выполнении.</i>

### 2.3.2 Занятия семинарского типа

(учебным планом занятия семинарского типа не предусмотрены)

### 2.3.3 Лабораторные занятия

1 семестр.

№	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	3	4
1.	Изучение устройства электронного растрового микроскопа. Подготовка образцов.	<i>Устный опрос</i>
2.	Исследование поверхности тестовых образцов.	<i>Отчет по лаб. работе</i>
3.	Исследование биологических объектов.	<i>Решение задач</i>
4.	Исследование рельефа и состава поверхности с помощью сканирующего электронного микроскопа	<i>Отчет по лаб. работе</i>
5.	Контрольная работа №1.	<i>КР</i>
6.	Исследование состава наноструктурированного образца методом рентгеноструктурного анализа.	<i>Отчет по лаб. работе</i>
7.	Определение характеристик оптических дисков методами туннельной и атомно-силовой микроскопии	<i>Отчет по лаб. работе</i>
8.	Исследование диэлектрических и электропроводящих свойств тонких полимерных пленок. Математическая обработка результатов.	<i>Отчет по лаб. работе</i>
9.	Математическая обработка изображений.	<i>Решение задач</i>
10.	Контрольная работа №1.	<i>КР</i>

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ

Курсовые работы – не предусмотрены

## 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Теоретическая самоподготовка	Методические рекомендации к организации аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы студентов: методические указания / сост. Т.П. Стороженко, Т.Б. Починок, А.В. Беспалов, Н.В. Лоза. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2018. 89 с. Интернет ресурсы по дисциплине, в том числе указанные в п.б.
2	Подготовка к ЛР	
3	Реферат	
4	Доклады, презентации	

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### 3. Образовательные технологии

Для формирования профессиональных компетенций в процессе освоения курса используется технология профессионально-развивающего обучения, предусматривающая не только передачу теоретического материала, но и стимулирование и развитие продуктивных познавательных действий студентов (на основе психолого-педагогической теории поэтапного формирования умственных действий).

Активизации и интенсификации познавательного процесса способствуют моделирование проблемных ситуаций, мультимедийные презентации в лекционном курсе. В рамках лабораторных занятий применяются методы проектного обучения, исследовательские методы, тренинговые формы, метод конкретных ситуаций. В процессе самостоятельной деятельности студенты осваивают и анализируют передовой опыт, используя имеющуюся литературу и информационные технологии, выступают с презентациями,

накапливают портфолио разработок.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

#### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

##### **4.1 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

Текущий контроль осуществляется в устной и электронной форме в процессе выполнения лабораторных работ. Промежуточный контроль проводится в виде тестов и контрольных работ. Итоговый контроль осуществляется приемом зачета в 8 семестре.

###### **4.1.1 Примерные темы рефератов, докладов, эссе**

###### **4.1.2 Примеры вариантов контрольных работ, тестов**

##### **4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

###### **4.2.1 Вопросы для подготовки к зачету**

1. Взаимодействие электронов с веществом. Область взаимодействия электронов: влияние атомного номера, зависимость от энергии пучка, зависимость от угла наклона. Длина пробега электронов.
2. Отраженные электроны: влияние атомного номера, зависимость от энергии пучка, зависимость от угла наклона, угловое распределение, распределение по энергиям, пространственное распределение, глубина выхода.
3. Вторичные электроны: влияние параметров пучка и образца.
4. Рентгеновское излучение. Непрерывное рентгеновское излучение. Характеристическое рентгеновское излучение.
5. Оже-электроны и катодолюминесценция.
6. Термоэлектронная и автоэлектронная эмиссия.
7. Устройство сканирующего электронного микроскопа.
8. Электромагнитные линзы. Хроматические аберрации. Сферические аберрации. Астигматизм.
9. Механизмы и природа формирования контрастов в СЭМ. Интерпретация изображений.
10. Изображения в СЭМ. Влияние ускоряющего напряжения. Влияние размера апертуры.



11. Влияние рабочего расстояния. Влияние наклона образца.
12. Детекторы сигналов в СЭМ. Характеристики и их влияние на формирование изображений.
13. Традиционная сканирующая электронная микроскопия.
14. Низковакуумная сканирующая электронная микроскопия.
15. Сканирующая электронная микроскопия в режиме естественной среды.
16. Сканирующая электронная микроскопия в режиме наведённого тока.
17. Высоковакуумная сканирующая электронная микроскопия.
18. Оже-электронная спектроскопия.
19. Сканирующая просвечивающая электронная микроскопия.
20. Спектрометрия с волновой дисперсией.
21. Спектрометрия с энергетической дисперсией.
22. Дифракция обратно рассеянных электронов, формирование картины дифракции.
23. Анализ дифракционных картин обратно рассеянных электронов.
24. Сфокусированный ионный пучок и его функции. Инжекторы. Манипуляторы высокой точности позиционирования.
25. Послойное травление для реконструкции 3х мерной структуры (3D).
26. Основные преимущества и недостатки СЭМ.
27. Возможности сканирующей просвечивающей электронной микроскопии.
28. Возможности СЭМ для получения наноструктур.
29. Использование СЭМ для исследования структуры материалов.
30. Возможности СЭМ для исследования кинетики процессов.
31. Преимущества СЭМ ввиду большой глубины фокуса.
32. Возможности фрактографического анализа.
33. Получение объёмных представлений об объекте.
34. Электронная литография.

### **Критерии оценки по промежуточной аттестации**

Оценки «зачет» заслуживает студент, обнаруживший сформированность компетенций, предусмотренных программой дисциплины, необходимых для дальнейшей учёбы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой.

Оценка «незачет» выставляется студенту, обнаружившему значительные пробелы в знаниях основного программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «незачет» ставится студентам, которые не освоили в должной мере функции преподавателя химии и не смогут приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующим дисциплинам.

Критерии оценки сформированных компетенций определяются уровнем усвоения изучаемого материала и отражены в ФОС дисциплины

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### **5.1 Основная литература**

1. Криштал М.М., Ясников И.С. Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ. - М.: Техносфера, 2009. - 208 с.
2. Вознесенский, Э.Ф. Методы структурных исследований материалов. Методы микроскопии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Э.Ф. Вознесенский, Ф.С. Шарифуллин, И.Ш. Абдуллин; М.-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2014. – 184 с. – ISBN 978-5-7882-1545-7. – Режим доступа:

[https://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=428294](https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=428294)

## 5.2 Дополнительная литература

1. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение [Электронный ресурс] : сб. науч. тр. - 3-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2017. - 607 с. - <https://e.lanbook.com/book/94144>

## 5.3 Периодические издания

1. <http://www.msa.microscopy.com>
2. <http://www.oup.co.uk/jmicro/scope/>
3. <http://www.microrgc.demon.co.uk>
4. <http://www.msa.microscopy.com/MSA/MscopyManalysis.html>
5. <http://www.edpsciences.com/docinfos/MMM/OnlineMMM.html>
6. Micron (<http://www.elsevier.nl/inca/publications/store/4/7/5/>)
7. Ultramicroscopy (<http://www.elsevier.nl>)
8. SCANNING (<http://www.scanning-fams.org/>)

## 6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

### Методические рекомендации преподавателям по методике проведения основных видов учебных занятий

#### Лекции

##### *Методика чтения лекций*

Лекции являются одним из основных методов обучения по дисциплине, которые должны решать следующие задачи:

- изложить важнейший материал программы курса, освещающий основные моменты;
- развить у студентов потребность к самостоятельной работе над учебной и научной литературой.

Главной задачей каждой лекции является раскрытие сущности темы и анализ ее главных положений. Рекомендуется на первой лекции довести до внимания студентов структуру курса и его разделы, а в дальнейшем указывать начало каждого раздела, суть и его задачи, а, закончив изложение, подводить итог по этому разделу, чтобы связать его со следующим.

##### *Содержание лекций*

Содержание лекций определяется рабочей программой курса. Крайне желательно, чтобы каждая лекция охватывала и исчерпывала определенную тему курса и представляла собой логически вполне законченную работу. Лучше сократить тему, но не допускать перерыва ее в таком месте, когда основная идея еще полностью не раскрыта.

## **Лабораторные занятия**

### *Методика проведения лабораторных занятий*

Целями проведения лабораторных работ являются:

- установление связей теории с практикой в форме экспериментального подтверждения положений теории;
- обучение студентов умению анализировать полученные результаты;
- контроль самостоятельной работы студентов по освоению курса;
- обучение навыкам профессиональной деятельности

Цели лабораторного практикума достигаются наилучшим образом в том случае, если выполнению эксперимента предшествует определенная подготовительная внеаудиторная работа. Поэтому преподаватель обязан довести до всех студентов график выполнения лабораторных работ с тем, чтобы они могли заниматься целенаправленной домашней подготовкой.

Перед началом очередного занятия преподаватель должен удостовериться в готовности студентов к выполнению лабораторной работы путем короткого собеседования и проверки наличия у студентов заготовленных протоколов проведения работы.

### **Указания по самостоятельной работе**

Самостоятельная работа составляет не менее 50% от времени, отводимого на изучение дисциплины. При самостоятельной работе студент должен ознакомиться с основными учебниками и учебными пособиями, дополнительной литературой и иными доступными литературными источниками. При работе с литературой по конкретным темам курса, в том числе указанным для самостоятельной проработки, основное внимание следует уделять важнейшим понятиям, терминам, определениям, для скорейшего усвоения которых целесообразно вести краткий конспект.

## **7. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)**

### **8.1 Перечень информационных технологий**

Использование электронных презентаций при проведении занятий.

## 7.2 Перечень необходимого программного обеспечения

В курсе лабораторных работ используется следующее программное обеспечение: ImageJ 1.45 (freeware), а также стандартное программное обеспечение, поставляемое с оборудованием (JEOL SEM JSM-7500F, JEOL JSPM-5400, Oxford Instruments INCA Energy).

## 7.3 Перечень необходимых информационных справочных систем

1. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU  
(<http://www.elibrary.ru/>)

## 8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, оснащенная учебной мебелью, переносным проектором, ноутбуком, доской-экраном универсальным и соответствующим программным обеспечением (ауд. 435С).
2.	Лабораторные занятия	Лаборатория с установленным оборудованием: Электронный растровый микроскоп JEOL JSM-7500F, зондовый сканирующий микроскоп JEOL JSPM-5400. (ауд. А020).
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций, оснащенная учебной мебелью, интерактивной доской SMART Board, короткофокусным интерактивным проектором, ноутбуком, меловой доской и соответствующим программным обеспечением (422С)
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Учебная аудитория для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная учебной мебелью, интерактивной доской SMART Board, короткофокусным интерактивным проектором, ноутбуком, меловой доской и соответствующим программным обеспечением (422С)
5.	Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы студентов, оснащенное учебной мебелью, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспеченное доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. (ауд. 428с, 431с)