

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
материаловедения и индустрии наносистем
Академик РАН


В.М. Иевлев
подпись, расшифровка подписи

13.03.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.03.02 Современные методы исследования наноматериалов

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

04.04.01 – Химия

2. Профиль подготовки/специализация: *Химия*

3. Квалификация выпускника: магистр

4. Форма обучения: *очная*

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: *материаловедения и индустрии наносистем*

6. Составители программы: *Кострюков Виктор Федорович,
Доктор химических наук, доцент*

7. Рекомендована: Научно-методическим советом химического факультета от 13.02.2025
протокол № 10-02

8. Учебный год: 2026/2027

Семестр(ы): 3

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются: формирование у студентов представлений о современных методах исследования материалов, знакомство с теоретическими основами этих методов, их практическим использованием, современным оборудованием.

Задачи учебной дисциплины:

В результате изучения дисциплины студент должен:

- иметь современные представления о взаимодействии излучения с веществом, теоретические основы образования спектров;
- знать основные микроскопические и спектроскопические методы анализа, способы их классификации;
- понимать принципы работы оборудования, применяемого в этих методах ;
- научиться в общих чертах интерпретировать результаты анализов, извлекать из спектров информацию о составе, свойствах, особенностях материалов;

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений (вариативная) блока Б1.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-2	Способен применять современные методы анализа, синтеза и моделирования для решения сложных научно-исследовательских задач в химии с целью разработки новых веществ и материалов	ПК-2.1	Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных его стадий	знать: основные группы современных методов исследования материалов и их возможности для анализа состава и структуры материалов (в том числе наноматериалов); уметь: выбирать методы исследования для решения конкретной задачи; владеть: навыками оценки возможности использования конкретного метода исследования для решения поставленной задачи
		ПК-2.2	Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	знать: особенности интерпретации результатов методов анализа состава материалов уметь: обрабатывать результаты типовых методов исследования материалов владеть: навыками интерпретации полученных результатов исследования
ПК-3	Обладает навыками критической оценки результатов научно-исследовательских работ (НИР) и научно-исследовательских и опытно-	ПК-3.1	Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР и НИОКР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными	знать: основные операции, выполняемые при характеристике сырья, промежуточной и конечной продукции производства современными методами исследования уметь: выбирать необходимые методы для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции производства материалов владеть: навыками сопоставления полученных результатов с литературными данными

конструкторских работ (НИОКР) для определения перспектив их использования в реальных приложениях и продолжения разработок в различных областях химии	ПК-3.2	Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов	знать: предъявляемые требования к протоколам аттестации материалов; уметь: составлять протоколы аттестации и отчёты о проведённых исследованиях состава сырья и компонентов владеть: навыками составления протоколов аттестации материалов и отчетов о выполненной работе
--	--------	---	---

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 4/144.

Форма промежуточной аттестации – зачет с оценкой

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость		
		Всего	По семестрам	
			3 семестр	4 семестр
Контактная работа		56	56	
в том числе:	лекции	18	18	
	практические	38	38	
	лабораторные	–	–	
	курсовая работа	–	–	
Самостоятельная работа		88	88	
Промежуточная аттестация (для экзамена)				
Итого:		144	144	

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	Основные понятия предмета. Классификация методов исследования	История развития методов исследований. Создание классического спектрального анализа. Открытие гелия на Солнце. Открытие новых химических элементов. Современные области применения спектральных методов. Классификация методов исследования – по типу зондирующего излучения, по характеру взаимодействия с веществом, по длинам волн спектра, по объекту исследования.	ЭУМК на платформе Электронный университет
1.2	Теоретические основы образования спектров. Взаимодействие излучения с веществом.	Взаимодействие излучения с веществом. Спектры поглощения, испускания и рассеяния. Энергетические уровни в атомах, переходы между ними. Серии спектральных линий в атоме водорода, формула Ридберга. Спектры многоэлектронных атомов, расщепление линий. Понятие ширины спектральной линии, причины уширения линий.	
1.3	Методы определения элементного состава	Обзор методов элементного анализа. Рентгеновские методы. Характеристическое	

	веществ	<p>рентгеновское излучение. <u>Рентгенофлуоресцентный анализ.</u> Используемое оборудование. Излучатели, рентгеновские трубки. Детекторы. Характерный вид спектров. <u>Локальный рентгеноспектральный микроанализ.</u> Принцип метода, используемое оборудование. Требования к образцам. Возможности метода. <u>Электронные методы. Фотоэлектронная спектроскопия</u> – теоретические основы метода. Фотоэффект. Внутренний и внешний фотоэффект. Используемые источники излучения. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия основных уровней и ультрафиолетовая спектроскопия валентных уровней. Области применения. <u>Ионные методы.</u> Рассеяние медленных и быстрых ионов. <u>Обратное резерфордское рассеяние.</u> Излучатели, детекторы. Принципы и аналитические возможности методов. <u>Оптические методы. Атомный абсорбционный и атомный эмиссионный анализ.</u> Конструкции приборов. Стилоскопы, стилометры, спектрографы, спектрометры.</p>	
1.4	Методы определения химического состава веществ	<p>Общий обзор методов. Определение состава вещества по химическим сдвигам фотоэлектронных спектров. Масс-спектрометрия, хромато-масс-спектрометрия. Возможности масс-спектрометрии по определению молекулярной формулы вещества на основе образования молекулярных ионов. <u>Молекулярный абсорбционный анализ.</u> Теоретические основы образования молекулярных спектров. УФ-спектроскопия. Области применения. Исследование органических и неорганических соединений. <u>Полуколичественный и количественный химический анализ.</u> Определение интенсивности, закон Бугера-Ламберта-Бера, эталоны. Виды количественных методов. Источники ошибок. Используемое оборудование – спектрофотометры, фильтры и т.п. Колебательная ИК-спектроскопия. Колебательная структура полос, интерпретация спектров. Спектроскопия комбинационного рассеяния. Спектроскопия ЯМР. Теоретические основы метода. Используемое оборудование. Применение спектроскопии ЯМР для качественного анализа.</p>	
1.5	Методы определения пространственного строения молекул	<p>Вращательная спектроскопия (инфракрасная и микроволновая). Вращательная структура полос. Определение вращательной энергии молекул и расчет на их основе геометрических параметров – валентных углов, длины и кратности связи. Интерпретация спектров. Области применения метода. Определение электрического дипольного момента молекул. Спектроскопия ЭПР. Теоретические основы метода. Оборудование. Возможности его применения.</p>	
2. Практические занятия			
2.1	Основные понятия предмета. Классификация спектроскопических методов	Свойства излучения. Дифракция. Интерференция. Излучение абсолютно черного тела. Решение задач.	ЭУМК на платформе Электронный университет
2.2	Теоретические основы	Серии спектральных линий в атоме водорода,	

	образования спектров. Взаимодействие излучения с веществом.	формула Ридберга. Решение задач.
2.3	Методы определения элементного состава веществ	Рентгеновские методы. Характеристическое рентгеновское излучение. Решение задач. Оже-спектроскопия. Теоретические основы метода. Эффект Оже. Используемое оборудование. Подходы к анализу и интерпретации спектров. Анализ профилей распределения элементов по толщине плёнки.
2.4	Методы определения химического состава веществ	УФ-спектроскопия. Области применения. Исследование органических и неорганических соединений.
2.5	Методы определения пространственного строения молекул	Газовая электронография. Принцип метода. Определение геометрии молекул. Спектроскопия ЭПР. Теоретические основы метода. Оборудование. Возможности его применения.
3. Лабораторные занятия		
3.1		
3.2		

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Основные понятия предмета. Классификация методов исследования	2	2	–	4	8
2	Теоретические основы образования спектров. Взаимодействие излучения с веществом.	4	8	–	18	30
3	Методы определения элементного состава веществ	4	10	–	24	38
4	Методы определения химического состава веществ	4	12	–	24	40
5	Методы определения пространственного строения молекул	4	6	–	18	28
	Итого:	18	38	–	88	144

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

В процессе изучения дисциплины предполагаются: работа с конспектами лекций и литературными источниками; решение задач и выполнение практических заданий; проведение контрольных работ; подготовка и защита рефератов.

На лекциях студенты знакомятся с теоретическим материалом. На практических занятиях проводится решение задач, обсуждение теоретического материала в формате семинарских занятий, выступление с докладами, проведение контрольных работ. В рамках организации самостоятельной работы студенты работают с конспектами лекций, получают и усваивают теоретические знания с использованием списка основной и дополнительной учебной литературы, учебно-методических пособий, решают задачи, готовят рефераты.

Текущий контроль проводится в форме устного опроса, контрольных работ.

Возможно получение зачёта автоматом при выполнении требований, перечисленных в п. 20.

Организация изучения дисциплины предполагает использование дистанционных образовательных технологий с применением инструментов электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ». ЭУМК «Спектроскопические методы исследования материалов» на портале ВГУ «Электронный университет» содержит методические материалы, презентации лекций, ссылки на обучающие видеозаписи, учебные пособия и необходимые для изучения дисциплины материалы. При реализации дисциплины также используются сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и социальные сети.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Основы аналитической химии : в 2 т. : учебник : для студ. вузов, обуч. по хим. направлениям / под ред. Ю. А. Золотова. – Москва : Академия, 2012.
2.	Беккер Ю. Спектроскопия : монография / Ю. Бёккер ; пер. Л. Н. Казанцева. – Москва : РИЦ Техносфера, 2009. – 528 с. // «Университетская библиотека ONLINE» : электронно-библиотечная система. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=88994

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3.	Пентин Ю. А. Физические методы исследования в химии / Ю. А. Пентин, Л. В. Вилков. – Москва : Мир : АСТ, 2003. – 683 с.
4.	Пупышев А. А. Атомно-абсорбционный спектральный анализ / А. А. Пупышев. – Москва : Техносфера, 2009. – 784 с.
5.	Альффорд Т. Л. Фундаментальные основы анализа нанопленок / Т. Л. Альфорд, Л. К. Фелдман, Д. В. Майер ; Пер. с англ. Образцов А. Н., Долганов М. А., науч. ред. Образцов А. Н. – Москва : Научный мир, 2012. – 392 с.
6.	Васильев В. П. Аналитическая химия в 2 кн. Физико-химические методы анализа / В.П. Васильев. – Москва : Дрофа, 2007. – 382 с.
7.	Кукуев В. И. Физические методы исследования тонких пленок и поверхностных слоев / В. И. Кукуев, И. Я. Миттова, Э. П. Домашевская. – Воронеж : Изд-во Воронежского государственного университета, 2001. – 144 с.
8.	Борн М. Атомная физика / М. Борн. – Москва : Мир, 1970. – 484 с.
9.	Фелдман Л. Основы анализа поверхности и тонких пленок / Л. Фелдман, Д. Майер ; пер. с англ. В. А. Аркадьева и Л. И. Огнева; под ред. В. В. Белошицкого. – Москва : Мир, 1989. – 342 с.
10.	Вудраф Д. Современные методы исследования поверхности / Д. Вудраф, Т. Делчр ; пер. с англ. под ред. В. И. Раховского. – Москва : Мир, 1989. – 568 с.
11.	Карлсон Т. Фотоэлектронная и Оже-спектроскопия / Т. А. Карлсон. – Ленинград : Машиностроение, 1981. – 431 с.
12.	Барсуков В. И. Атомный спектральный анализ / В. И. Барсуков. – Москва : Издательство Машиностроение-1, 2005. – 132 с.
13.	Ельяшевич М. А. Атомная и молекулярная спектроскопия: Общие вопросы спектроскопии / М. А. Ельяшевич. – Москва : Комкнига, 2006. – 240 с.
14.	Плиев Т. Н. Молекулярная спектроскопия : В 5 т. / Т. Н. Плиев. – Владикавказ : Иростон, 2001.
15.	Количественные методы в масс-спектроскопии. Лаваньини И., Маньо Ф., Сералья Р., Тральди П. – Москва : Техносфера, 2008. – 176 с.
16.	Вульфсон Н.С. Масс-спектрометрия органических соединений / Н.С. Вульфсон, В.Г. Заикин, А.И. Микая. – Москва : Химия, 1986. – 312 с.
17.	Мазалов Л.Н. Рентгеноэлектронная спектроскопия и ее применение в химии / Л.Н. Мазалов // Соросовский образовательный журнал, 2000. – № 4. – С. 37-44.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
18.	https://www.lib.vsu.ru/ - сайт Зональной Научной Библиотеки Воронежского государственного университета
19.	http://elibrary.ru/defaultx.asp – Научная электронная библиотека. Поиск по рефератам и

	полным текстам статей, опубликованных в российских и зарубежных научно-технических журналах.
--	--

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

№ п/п	Источник
1.	Чертов А. Г. Задачник по физике / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев. – Москва : Изд-во Физматлит, 2008. – 640 с.
2.	Оптика и атомная физика. Практическое пособие к контрольным работам / З. А. Либерман [и др.] – Воронеж : ВГУ, 2005. – Ч. 3. – 31 с.
3.	Коренман Я. И. Задачник по аналитической химии. Физико-химические методы анализа / Я. И. Коренман, П. Т. Суханов. – Воронеж : Изд-во ВГТА, 2004. – 359 с.
4.	Задачник по физико-химическим методам анализа / Ю. С. Ляликов [и др.]. – Москва : Химия, 1972. – 271 с.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При реализации дисциплины используются различные типы лекций – вводные лекции, информационные лекции с визуализацией (мультимедийные презентации), по отдельным темам – обзорные. На практических занятиях: выступление с рефератами, семинарские занятия, решение задач. Текущая аттестация осуществляется в форме устного опроса и контрольных работ, промежуточная – по КИМ.

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и социальные сети.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Мультимедийный проектор BENQ, экран, ноутбук
Microsoft Windows

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Основные понятия предмета. Классификация методов исследования	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос
2.	Теоретические основы образования спектров. Взаимодействие излучения с веществом.	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос
3.	Методы определения элементного состава	ПК-2 ПК-3	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
	веществ		ПК-3.1 ПК-3.2	
4.	Методы определения химического состава веществ	ПК-2 ПК-3	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-3.1 ПК-3.2	Устный опрос
5.	Методы определения пространственного строения молекул	ПК-2 ПК-3	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-3.1 ПК-3.2	Устный опрос
Промежуточная аттестация форма контроля – зачёт с оценкой				Перечень вопросов

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Устный опрос

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Собеседование по билетам к зачету

1. Классификации методов анализа.
2. Спектр, виды спектров.
3. Электромагнитный спектр, основные диапазоны.
4. Излучение и его основные свойства.
5. Взаимодействие излучения с веществом. Спектры поглощения, испускания и рассеяния.
6. Свойства излучения – дифракция и интерференция. Особенности излучения черного тела.
7. Источники излучения. Электронные пушки и рентгеновские трубки.
8. Основные узлы спектроскопических приборов.
9. Стилоскопы, стилометры, спектрографы, спектрометры.
10. Закон Бугера-Ламберта-Бера и его применимость.
11. Фотоэффект и его разновидности.
12. Методы определения элементного состава веществ.
13. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, основы метода и его возможности.
14. Рентгеновская флуоресценция. Рентгеновское характеристическое излучение.
15. Ионные методы. Рассеяние медленных и быстрых ионов.
16. Резерфордское обратное рассеяние. Принципы и аналитические возможности метода.
17. Атомный эмиссионный анализ. Теоретические основы метода и его возможности.
18. Атомный абсорбционный анализ. Теоретические основы метода и возможности.
19. Пламенная фотометрия, сущность метода и его возможности.
20. УФ-спектроскопия. Области применения.
21. Люминесцентный анализ. Возможности метода. Достоинства и недостатки, основное применение.
22. Инфракрасная колебательная спектроскопия – сущность метода, аппаратное оформление и возможности.
23. Микроволновая вращательная спектроскопия.
24. Спектроскопия ЯМР. Теоретические основы метода. Оборудование.

25. Спектроскопия ЭПР. Теоретические основы метода. Оборудование. Возможности его применения.
26. Газовая электронография. Принцип метода. Определение геометрии молекул.

Каждый КИМ содержит 2 вопроса.

Описание технологии проведения

На подготовку письменного ответа на вопросы КИМ (на листах ответов) даётся 60 минут, после этого проводится устная беседа.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели:

- владение понятийным аппаратом методов исследования материалов (теоретическими основами дисциплины);
- знание основных групп современных методов исследования материалов и их возможностей для анализа состава и структуры материалов (в том числе наноматериалов)
- умение применять теоретические знания для выбора метода исследования с целью решения конкретной задачи;
- знание особенностей интерпретации результатов методов анализа состава материалов;
- способность иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований.

Оценка “отлично” ставится если студент дает полный и правильный ответ, раскрывая теоретические и практические аспекты вопроса, анализируя литературные источники по данному вопросу, аргументирует собственную позицию по данному вопросу

Оценка “хорошо” ставится если студент допускает несущественные ошибки, испытывает трудности при определении собственной оценочной позиции

Оценка “удовлетворительно” ставится если студент допускает существенные ошибки, нарушена логика изложения материала, требуются наводящие вопросы преподавателя

Оценка “неудовлетворительно” ставится при незнании или непонимании большей или наиболее существенной части содержания учебного материала