

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1161921	Оптические методы в аналитической химии

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Фундаментальная и прикладная химия	Код ОП 1. 04.05.01/33.01
Направление подготовки 1. Фундаментальная и прикладная химия	Код направления и уровня подготовки 1. 04.05.01

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Буянова Елена Станиславовна	кандидат химических наук, доцент	Доцент	аналитической химии и химии окружающей среды

Согласовано:

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Оптические методы в аналитической химии

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль состоит из дисциплины «Спектроскопические методы анализа». Основной задачей модуля является формирование у студентов представления о современных спектроскопических методах анализа как о важнейшем разделе химической науки и аналитической химии, в частности. Курс должен дать знания об основных принципах и аппаратном обеспечении современных методов анализа, областях их применения. Дисциплины способствуют формированию у студентов практических навыков проведения анализа вещества.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Спектроскопические методы анализа	6
ИТОГО по модулю:		6

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. Аналитическая химия и физические методы исследования
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Спектроскопические методы анализа	ОПК-2 - Способен выполнять исследования при решении фундаментальных и прикладных задач, планировать и осуществлять сложные	З-1 - Демонстрировать понимание принципов, особенностей и задач проведения фундаментальных и прикладных исследований, планирования модельных или реальных экспериментов П-1 - Иметь опыт проведения фундаментальных и прикладных исследований, модельных или реальных

реальные или модельные эксперименты	экспериментов с использованием современной методологии, методов, оборудования и техники Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление
ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в профессиональной области	З-1 - Демонстрировать понимание принципов и методов анализа и обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований, применяемых в профессиональной области П-1 - Формулировать обоснованные заключения и выводы по результатам анализа научной литературы, собственных экспериментальных данных и расчетно-теоретических работ Д-1 - Демонстрировать умения анализировать и обобщать информацию, делать логические умозаключения
ПК-1 - Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	З-1 - Сформулировать теоретические принципы и описать техническое исполнение методов решения научно-исследовательских задач в выбранной области профессиональной деятельности З-2 - Демонстрировать понимание принципов планирования научно-исследовательской работы У-2 - Составлять общий план научно-исследовательской работы и детальные планы ее отдельных стадий П-1 - Иметь опыт выбора методов решения поставленных задач и прогнозирования результатов исследования, исходя из наличия материальных и временных ресурсов
ПК-4 - Способен определять способы, методы и средства решения технологических задач в рамках прикладных НИР и НИОКР	З-1 - Сформулировать теоретические принципы и описать техническое исполнение методов исследования, необходимых для решения технологических задач У-1 - Предлагать технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач в рамках прикладных НИР и НИОКР

		П-1 - Иметь опыт выбора методов решения технологических задач в рамках прикладных НИР и НИОКР с учетом глобальных вызовов и неопределенностей
--	--	---

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Спектроскопические методы анализа

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Буянова Елена Станиславовна	кандидат химических наук, доцент	Доцент	аналитической химии и химии окружающей среды

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 2 от 30.01.2023 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Буянова Елена Станиславовна, Доцент, аналитической химии и химии окружающей среды

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	ВВЕДЕНИЕ	Спектроскопические методы анализа, их значение и место в системе химико-аналитического контроля. Области применения, характерные особенности и возможности. Краткая характеристика основных спектроскопических методов анализа в зависимости от типа используемого излучения, типа взаимодействия излучения с веществом, объектов, взаимодействующих с излучением
2	ОСНОВЫ ТЕОРИИ АТОМНЫХ И МОЛЕКУЛЯРНЫХ СПЕКТРОВ	Понятие о спектрах. Типы спектров - испускания и поглощения, атомные и молекулярные, линейчатые, полосатые и сплошные. Количественные характеристики спектров - длина волны, частот, волновое число, интенсивность спектральных линий. Характеристики, используемые для качественного и количественного анализа. Шкала электромагнитного излучения. Изменения в веществе, вызванные взаимодействием с излучением различной энергии. Природа атомных спектров. Спектр атома водорода. Спектральные термы. Типы переходов, правила отбора. Тонкая структура спектральных линий, мультиплетность спектральных линий. Атомные спектры элементов с одним и несколькими валентными электронами. Рентгеновское излучение. Тормозное излучение. Характеристический спектр. Молекулярные спектры. Электронные спектры молекул. Интенсивность спектральных линий для случая термически равновесной плазмы. Связь интенсивности с температурой

		<p>плазмы и степенью ионизации атомов. Уравнение Саха. Контур спектральной линии. Полуширина спектральной линии. Уширение спектральных линий, его причины. Естественная ширина спектральных линий. Допплеровское и лоренцевское уширение. Эффекты Зеемана и Штарка. Поглощение излучения плазмой. Реабсорбция, самообращение линий</p>
3	АППАРАТУРА В СПЕКТРОСКОПИИ	<p>Принципиальная схема спектрометра. Источники излучения. Тепловые и люминесцентные излучатели: лампы накаливания, газоразрядные лампы, светоизлучающие диоды (СИД), лазеры. Источники линейчатого спектра в атомно-абсорбционной спектроскопии: лампы с полым катодом, безэлектродные лампы. Монохроматизация излучения. Характеристики спектральных приборов. Светофильтры. Монохроматоры. Основные схемы и оптические характеристики монохроматоров. Увеличение. Угловая и линейная дисперсия. Разрешающая способность. Критерий Рэлея. Инструментальное уширение спектральных линий. Диспергирующие элементы - призма и дифракционная решетка. Разрешающая способность диспергирующего элемента. Приемники излучения. Фотографические способы регистрации спектров. Характеристическая кривая фотоэмульсии. Измерение почернений. Фотоэлектрическая регистрация. Тепловые и фотоэлектронные приемники излучения. Фотоэлементы, фотодиоды, фоторезисторы, фотоэлектронный умножитель, массивы фотодиодов, твердотельные полупроводниковые детекторы (ТТД). Аппаратура в рентгеновской спектроскопии: источники излучения, кристаллы-анализаторы, детекторы излучения.</p>
4	МЕТОДЫ АТОМНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ	<p>Классификация методов атомной спектроскопии - название, тип излучения, источник излучения, метод атомизации, превращения в веществе, применение. Характерные особенности и возможности методов атомного спектрального анализа. Теоретические основы атомной спектроскопии.</p>
4.1	ЭМИССИОННЫЙ СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ	<p>Определение и основные характеристики метода. Процессы возбуждения и ионизации в плазме. Зависимость интенсивности спектральных линий от концентрации атомов в плазме и пробе. Кривая роста. Уравнение Ломакина-Шайбе. Источники возбуждения для эмиссионного спектрального анализа. Дуга постоянного тока, дуга переменного тока. Вольтамперная характеристика дугового разряда. Конденсированная искра. Плазмотрон, лазеры как источники возбуждения. Индуктивно-связанная плазма как современный источник возбуждения. Пробоподготовка. Способы введения пробы в плазму. Аппаратура для эмиссионного спектрального анализа. Типы и схемы спектрометров в АЭС: на основе призмы, на основе дифракционной решетки.</p> <p>Качественный спектральный анализ. Аналитические и последние линии. Отбор и подготовка пробы к анализу. Расшифровка спектрограмм. Учет наложения спектральных линий. Количественный спектральный анализ. Выбор</p>

		аналитических линий, гомологические линии. Основное уравнение фотографических методов количественного спектрального анализа. Требования к эталонам. Способы построения градуировочных графиков: метод трех эталонов, метод постоянного графика, метод добавок. Полуколичественный спектральный анализ. Метод сравнения спектров
4.2	АТОМНО - АБСОРБЦИОННЫЙ АНАЛИЗ	Общая характеристика и возможности метода ААА. Условия Уолша. Способы получения атомного пара. Системы распылитель-горелка. Процессы, происходящие в пламени. Непламенные способы атомизации. Аппаратура для атомно-абсорбционного анализа. Одно-, и дулучевые системы спектрометров. Спектральные помехи. Структурная абсорбция. Методы коррекции фоновой абсорбции: метод сплошной среды, метод Зеемана, метод Смита—Хифтье. Приемы атомно-абсорбционного анализа. Способы построения градуировочных графиков. Причины искривления градуировочных графиков. Источники ошибок физической и химической природы.
4.3	РЕНТГЕНОВСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ	Рентгеновские спектрометры с волновой и энергетической дисперсией. Рентгенофлуоресцентный анализ, качественный и количественный. Матричные эффекты. Способы проведения количественного анализа. Пробоподготовка. Рентгеноэмиссионный анализ. Электронно-зондовый рентгеноспектральный микроанализ как разновидность РЭА. Рентгеноабсорбционный анализ
4.4	ЭЛЕКТРОННАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ	Принцип измерения аналитического сигнала. Общая схема приборов для электронной спектроскопии. Анализ поверхности. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Качественный и количественный анализ. Химический сдвиг. Оже-электронная спектроскопия. Оже-процесс. Качественный и количественный анализ
5	МОЛЕКУЛЯРНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ	
5.1	МОЛЕКУЛЯРНАЯ АБСОРБЦИОННАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ В ВИДИМОЙ И УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ОБЛАСТИ	Абсорбционная спектроскопия в видимой и УФ областях как метод исследования электронных спектров многоатомных молекул. О специфике электронных спектров поглощения различных классов соединений. Спектры сопряженных систем и пространственные эффекты в электронных спектрах поглощения. Характеристика спектрофотометрического метода. Основные законы поглощения: объединенный закон Бугера-Ламберта-Бера, закон аддитивности. Причины отклонений от законов поглощения. Условия проведения фотометрических реакций. Типы фотометрических реакций. Влияние концентрации реагента на полноту протекания реакций. Расчет оптимальной

		<p>концентрации реагента. Влияние кислотности на фотометрическую систему. Расчет оптимальной кислотности проведения фотометрической реакции. Учет влияния проявления реагентом индикаторных свойств, протекания ступенчатого комплексообразования, присутствия посторонних лигандов и комплексообразователей на условия проведения фотометрической реакции. Выбор реагента для поддержания кислотности в фотометрической системе.</p> <p>Аппаратура для спектрофотометрического анализа. Однолучевые фотоэлектроколориметры (КФК-2, КФК-3, UNICO): назначение, технические данные, оптическая схема, принцип измерения. Двухлучевые фотоколориметры (ФЭК-60): назначение, технические данные, оптическая схема, принцип измерения. Спектрофотометры (Helios): назначение, технические данные, оптическая схема, принцип измерения.</p> <p>Классификация методов измерения Рейли-Кроуфорда-Барковского. Метод абсолютной спектрофотометрии. Методы дифференциальной и полной дифференциальной спектрофотометрии. Воспроизводимость в методах дифференциальной спектрофотометрии, выбор оптимального раствора сравнения. Особенности применения фотоэлектроколориметров для дифференциальных измерений.</p> <p>Метод двухволновой спектрофотометрии. Метод производной спектрофотометрии.</p> <p>Методы спектрофотометрического анализа растворов. Абсолютные и дифференциальные методы определения одного вещества: методы сравнения оптических плотностей, ограничивающих растворов, метод определения с использованием среднего молярного коэффициента поглощения, метод постоянного градуировочного графика (графический и аналитический варианты), метод добавок (абсолютный и дифференциальный варианты). Абсолютные и дифференциальные методы определения нескольких веществ в растворе: при частичном перекрывании спектров поглощения (метод Фирордта), при полном перекрывании спектров поглощения (дифференциальный метод анализа двухкомпонентных систем). Спектрофотометрическое титрование.</p>
5.2	ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ АНАЛИЗ	<p>Явление люминесценции. Классификация видов люминесцентного излучения. Люминесценция дискретных центров и ее закономерности. Длительность и спектральный состав излучения. Квантовый и энергетический выход люминесценции дискретных центров. Закономерности люминесценции (закон Стокса - Ломмеля, правило Левшина, закон Вавилова). Связь квантового выхода со структурой молекул. Тушение люминесценции: концентрационное, температурное, примесями.</p> <p>Хемилюминесценция, механизм возникновения, применение хемилюминесцентного метода. Основы количественного флуоресцентного анализа. Зависимость яркости</p>

		флуоресценции от концентрации определяемого компонента. Факторы, определяющие яркость флуоресценции и их выбор при разработке методик анализа. Методы флуоресцентного анализа, особенности градуирования. Аппаратура люминесцентного анализа. Способы компоновки узлов прибора. Источники излучения, монохроматизирующие устройства. Приемники излучения. Современная аппаратура для люминесцентного анализа
--	--	--

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология образования в сотрудничестве	ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в профессиональной области	З-1 - Демонстрировать понимание принципов и методов анализа и обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований, применяемых в профессиональной области

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Спектроскопические методы анализа

Электронные ресурсы (издания)

1. Емельянова, Ю. В., Буяновой, Е. С.; Спектроскопические методы анализа в аналитической химии : практикум.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2017; <http://www.iprbookshop.ru/106788.html> (Электронное издание)
2. Золотов, Ю. А.; Проблемы аналитической химии : монография.; Наука, Москва; 2014; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468706> (Электронное издание)
3. Бёккер, Ю., Ю.; Спектроскопия : монография.; РИЦ Техносфера, Москва; 2009; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=88994> (Электронное издание)
4. Луков, В. В.; Физические методы исследования в химии : учебное пособие.; Издательство Южного федерального университета, Ростов-на-Дону; 2016; <http://www.iprbookshop.ru/78713.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. , Буянова, Е. С., Емельянова, Ю. В.; Оптические методы анализа объектов окружающей среды и пищевых продуктов : вопросы и решение задач.; Изд-во Урал. ун-та, Екатеринбург; 2008 (100 экз.)
2. , Буянова, Е. С., Емельянова, Ю. В., Осинцева, Е. В.; Оптические методы анализа объектов окружающей среды и пищевых продуктов : [рук. к лаб. практикуму.; Изд-во Урал. ун-та, Екатеринбург; 2008 (98 экз.)
3. , Золотов, Ю. А.; Основы аналитической химии : Учеб. для вузов: В 2 кн. Кн. 2. Методы химического анализа; Высшая школа, Москва; 2002 (44 экз.)
4. Отто, М., Гармаш, А. В.; Современные методы аналитической химии : в 2 т. Т. 2. ; Техносфера, Москва; 2004 (15 экз.)
5. Беккер, Ю., Казанцева, Л. Н., Пупышев, А. А., Полякова, М. В.; Спектроскопия; Техносфера, Москва; 2009 (5 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

eLibrary

ООО Научная электронная библиотека

Elsevier

Scopus

SpringerLink

Web of Science

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Спектроскопические методы анализа

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	OriginPro

		<p>соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p>
2	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	<p>OriginPro</p> <p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p>
3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	не требуется
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	<p>OriginPro</p> <p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p>
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p>	не требуется