

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

<b>Код модуля</b>	<b>Модуль</b>
1156027	Методы контроля в технологии редких и радиоактивных элементов

Екатеринбург

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Химическая технология материалов новой техники	<b>Код ОП</b> 1. 18.03.01/33.02
<b>Направление подготовки</b> 1. Химическая технология	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 18.03.01

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Лисиенко Дмитрий Георгиевич	к.х.н., доцент	доцент	ФХМА

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Методы контроля в технологии редких и радиоактивных элементов

## 1.1. Аннотация содержания модуля

В структуре образовательной программы модуль «Методы аналитического контроля в технологии редких и радиоактивных элементов» относится к части ОП, формируемой участниками образовательных отношений по выбору студента. Модуль определяет направленность обучения по ТОП1 «Технология современных материалов», ТОП2 «Управление экологической безопасностью» и является решающим в формировании профессиональных навыков студентов. Содержание дисциплины модуля направлено на изучение принципов и методов идентификации и определения химического состава веществ и материалов, применяемых в технологии редких и радиоактивных элементов. Основное внимание уделено рассмотрению теоретических основ ряда инструментальных методов анализа (атомно-эмиссионного, атомно-абсорбционного, рентгеноспектральных – эмиссионного и флуоресцентного, массспектрометрических - молекулярного, изотопного и элементного, фотометрического, люминесцентного, электрохимических), определению границы их применимости в контроле химического состава различных объектов в соответствии с требованиями современной технологии редких и радиоактивных элементов. На лабораторных работах студенты получают навыки работы на современном аналитическом оборудовании при решении конкретных аналитических задач определения качественного и количественного состава технических объектов. Знание методов аналитического контроля является необходимым условием освоения специальных дисциплин образовательной программы и успешной профессиональной деятельности.

## 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	Методы контроля в технологии редких и радиоактивных элементов	12
ИТОГО по модулю:		12

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. Аналитическая химия и химические методы анализа
Постреквизиты и кореквизиты модуля	1. Технология современных материалов

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

Таблица 2

<b>Перечень дисциплин модуля</b>	<b>Код и наименование компетенции</b>	<b>Планируемые результаты обучения (индикаторы)</b>
1	2	3
<p>Методы контроля в технологии редких и радиоактивных элементов</p>	<p>ПК-3 - Способен проводить простые химические анализы и химические анализы средней сложности сырья, топливно-энергетических ресурсов, промежуточной и готовой продукции металлургического производства</p>	<p>З-1 - Классифицировать по релевантности информационные источники о государственных стандартах на методики (методы) проведения химического анализа сырья, топлива, готовой продукции</p> <p>З-2 - Перечислить основные требования к пробоподготовке сырья, топлива, промежуточной и готовой продукции</p> <p>З-3 - Объяснить основные принципы методики статистической обработки результатов химического анализа</p> <p>У-1 - Анализировать нормативную документацию на исследуемые объекты и методики химических анализов сырья, топлива, готовой продукции</p> <p>У-2 - Проводить пробоподготовку сырья, топлива, промежуточной и готовой продукции</p> <p>У-3 - Применять методы статистической обработки и метрологической оценки результатов химического анализа сырья, топлива, промежуточной и готовой продукции</p> <p>П-1 - Подготовить рабочее место для проведения простых химических анализов и анализов средней сложности сырья, топлива, готовой продукции</p> <p>П-2 - Определять химический состав проб сырья, топлива, промежуточной и готовой продукции</p> <p>П-3 - Проводить статистическую обработку и метрологический анализ результатов количественных простых химических анализов и химических анализов средней сложности сырья, топлива, промежуточной и готовой продукции</p>
	<p>ПК-5 - Способен осуществлять метрологическое обеспечение</p>	<p>З-1 - Перечислить основные нормативные документы, регламентирующие работы по</p>

	<p>производственной деятельности</p>	<p>метрологическому обеспечению в организации</p> <p>З-2 - Описать технологические возможности и области применения средств измерений</p> <p>У-1 - Применять методики и средства поверки (калибровки) средств измерений в соответствии с регламентирующими документами</p> <p>У-2 - Использовать измерительное оборудование, необходимое для проведения измерений</p> <p>П-1 - Выполнять действия, предусмотренные нормативными документами по поверке и калибровке средств измерений</p> <p>П-2 - Определять порядок и регламенты использования средств измерения</p>
--	--------------------------------------	--

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Методы контроля в технологии редких и**  
**радиоактивных элементов**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Лисиенко Дмитрий Георгиевич	к.х.н., доцент	доцент	ФХМА

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 1 от 11.09.2020 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Лисиенко Дмитрий Георгиевич, доцент, ФХМА

## 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
P1	Методы спектрального анализа	Классификация спектральных методов по активным частицам, по длинам волн, по способу наблюдения спектра.
P1.1	Атомно-эмиссионный анализ	<p>Происхождение атомных эмиссионных спектров. Зависимость характера спектра элемента от его положения в периодической системе элементов. Резонансные линии. Качественный АЭС анализ.</p> <p>Возбуждение атомных спектров. Характеристика элементарных процессов в плазме: конверсии, диссоциации молекул, ионизации и возбуждения атомов. Распределение элементов плазме по</p> <p>сортам частиц. Интенсивность спектральных линий, зависимость ее от характеристик плазмы (температуры, концентрации электронов, химического состава) и свойств элементов (энергии диссоциации молекул, энергии ионизации атомов).</p> <p>Контур и ширина спектральных линий. Самопоглощение в плазме. Зависимость интенсивности излучения от концентрации элемента. Уравнение Ломакина-Шейбе. Количественный анализ. Гомологичные линии. Элемент сравнения. Техника АЭСА. Источники возбуждения атомных спектров. Пламена, дуговые разряды постоянного и переменного тока, низковольтная и высоковольтная искры,</p>

		<p>тлеющий разряд, разряд в полом катоде, разряд Гримма, высокочастотные источники. Процессы в источниках, способы введения вещества, спектроаналитические характеристики и области применения.</p> <p>Применение метода в контроле технологии редких и радиоактивных элементов.</p> <p>Спектральные приборы. Принцип работы плоских, профилированных дифракционных (эшелле и эшеллет), вогнутых решеток. Оптические схемы спектральных приборов с плоскими и вогнутыми решетками, назначение отдельных узлов. Характеристики приборов – линейная дисперсия, разрешающая способность, светосила.</p> <p>Регистрация эмиссионных спектров. Визуальная регистрация. Фотографическая регистрация. Плотность почернения фотоэмульсии, измерение микрофотометрами. Характеристическая кривая эмульсии, область пропорциональных передач. Фотоэлектрическая регистрация. Фотоэлектрические приемники и их характеристики. Способы измерения фототока. Твердотельные фотоприемники. Обработка спектральной информации с применением твердотельных фотоприемников.</p> <p>Методы градуировки при различных способах регистрации спектров.</p>
<b>P1.2</b>	Атомно-абсорбционный анализ	<p>Физические процессы, лежащие в основе метода. Резонансные линии. Закономерности поглощения излучения (законы Бугера-Ламберта, Бера, объединенный закон, правило аддитивности). Концентрация атомов в атомизаторах, зависимость от условий атомизации и характеристик</p> <p>аналита. Зависимость абсорбции от концентрации элемента в пробе.</p> <p>Техника ААСА. Источники излучения, требования к ним, лампы с полым катодом, безэлектродные ВЧ лампы. Атомизаторы: пламена, графитовые электротермические; особенности процессов образования свободных атомов. Измерение аналитического сигнала в ААСА. Одно- и двулучевые схемы.</p> <p>Применение метода в контроле технологии редких и радиоактивных элементов.</p>
<b>P1.3</b>	Рентгеноспектральный анализ	<p>Происхождение характеристических рентгеновских спектров. Система термов ионизированного атома, переходы внутри системы с поглощением и излучением квантов энергии. Серии в рентгеновских спектрах, частоты спектральных линий, закон Мозли, зависимость характера спектра от положения элемента в периодической системе. Качественный анализ.</p> <p>Возбуждение характеристического излучения электронным ударом, характеристический и непрерывный спектры.</p>

		<p>Электронно-зондовый микроанализ. Применение в электронных микроскопах.</p> <p>Поглощение рентгеновского излучения веществом, зависимость от длины волны излучения и свойств поглотителя. Скачки поглощения. Особенности рентгено-абсорбционного анализа.</p> <p>Интенсивность флуоресцентного излучения.</p> <p>Количественный анализ. Понятие "толстого" и "тонкого" образца, критическая глубина слоя. Зависимость интенсивности флуоресцентного излучения от концентрации определяемого элемента и состава пробы. Форма градуировочных зависимостей. Эффекты взаимных влияний компонентов.</p> <p>Области применения и характеристики рентгено-флуоресцентного метода. Техника РФА. Классификация рентгеноспектральных приборов: спектрометры, анализаторы, квантометры. Источники первичного излучения. Рентгеноспектральные приборы с волновой дисперсией. Выбор кристаллов-анализаторов.</p> <p>Схемы приборов с плоским и вогнутым кристаллами. Регистрация рентгеновского излучения. Детекторы рентгеновского излучения: пропорциональный и сцинтилляционный счетчики, полупроводниковые детекторы. Энергодисперсионные рентгеноспектральные приборы. Принципы энергетической селекции, амплитудный анализатор.</p> <p>Применение метода в контроле технологии редких и радиоактивных элементов.</p>
P2	Масс-спектрометрия	<p>Физические принципы метода, образование масс-спектра. Источники ионов, процессы ионизации и типы ионов, рабочие характеристики источника ионов: разброс по энергиям, эффективность ионизации. Типы источников, применяемых для анализа: с электронным ударом, химической ионизацией, термоэмиссионный, лазерный, искровой разряд, индукционно-связанная плазма.</p> <p>Масс-анализаторы, принципы работы магнитных, с двойной фокусировкой, квадрупольных, время-пролетных анализаторов. Регистрация ионов: фотографический, электрометрический, методы, методы с применением электронных умножителей.</p> <p>Особенности и характеристики методов исследования металлов, изоляторов, жидкостей, газов при изотопном, элементном и структурном анализе. Хромато-масс-спектрометрия.</p> <p>Применение метода в контроле технологии редких и радиоактивных элементов.</p>
P3	Электрохимические методы анализа	

РЗ.1	Потенциометрия	<p>Виды электродных потенциалов: окислительно-восстановительные и ионообменные (мембранные) потенциалы, механизмы их возникновения. Основные типы электродов для потенциометрии: водородный, металлические, электроды 2-го рода, металлоксидные, хингидронный, стеклянные, мембраны на основе труднорастворимых соединений, жидкие мембраны. Сенсоры. Зависимость потенциала электрода от состава раствора, уравнения Нернста, Никольского-Эйзеймана.</p> <p>Измерение электродных потенциалов. Электроды сравнения. ЭДС гальванического элемента.</p> <p>Диффузионный потенциал и его элиминирование.</p> <p>Измерение ЭДС ячеек компенсационным методом и с помощью электронных потенциометров.</p> <p>Методы потенциометрии. Ионметрия, способы градуировки. Погрешности ионметрии. Потенциометрическое титрование. Выбор индикаторных электродов. Автоматизация титрования.</p> <p>Применение метода в контроле технологии редких и радиоактивных элементов.</p>
РЗ.2	Вольтамперометрия	<p>Кинетика электрохимических процессов.</p> <p>Электродная поляризация и ее виды. Электрохимическая поляризация, перенапряжение. Уравнение Тафеля. Концентрационная поляризация. Диффузионный ток. Уравнение обратимой полярографической волны. Потенциал полуволны, его зависимость от природы деполяризатора и состава раствора.</p> <p>Классификация методов вольтамперометрии.</p> <p>Вольтамперометрическая ячейка. Электролит, требования к нему. Поляризуемые электроды.</p> <p>Ртутные электроды (капающий, капельный и пленочные), их основные характеристики. Электрокапиллярные явления. Твердые микроэлектроды. Вспомогательные электроды.</p> <p>Классическая полярография. Предельный диффузионный ток, уравнение Ильковича. Остаточные (фарадеевский и емкостный), миграционный и конвективные токи (максимумы 1 и 2 рода), способы их подавления.</p> <p>Качественный полярографический анализ.</p> <p>Полярографический спектр. Условие одновременного определения ионов. Фоновые электролиты и их выбор. Количественный анализ, способы градуировки. Погрешности анализа.</p> <p>Особенности дифференциальной, осциллографической, переменноточковой, импульсной и инверсионной вольтамперометрии. Амперометрическое титрование.</p> <p>Аппаратура вольтамперометрии. Схема полярографа, устройство для регулирования напряжения, измеритель тока.</p>

		<p>Применение метода в контроле технологии редких и радиоактивных элементов.</p>
<b>Р3.3</b>	Кулонометрия	<p>Законы Фарадея и условия их применения в кулонометрическом анализе. Степень завершения электродных процессов и ее регулирование.</p> <p>Обеспечение полноты выхода по току.</p> <p>Потенциостатическая кулонометрия. Изменение силы тока при электролизе. Измерение количества электричества графическими методами, кулонометрами, интеграторами тока. Принципиальная схема потенциостата.</p> <p>Гальваностатическая кулонометрия (кулонометрическое титрование). Титрование с внешней генерацией титранта. Титрование с внутренней генерацией титранта, поляризационные кривые процесса. Принципиальная схема установки для кулонометрического титрования.</p> <p>Применение метода в контроле технологии редких и радиоактивных элементов.</p>
<b>Р3.4</b>	Кондуктометрия	<p>Удельная и эквивалентная электропроводность растворов, зависимость от концентрации электролита. Типы электролитов. Эквивалентная электропроводность иона. Прямая кондуктометрия. Кондуктометрическое титрование, типичные кривые титрования. Измерение электропроводности электролитов: мост Кольрауша, метод внутреннего делителя, бесконтактный индукционный метод. Применение метода в контроле технологии редких и радиоактивных элементов.</p>
<b>Р4</b>	Введение в молекулярный спектральный анализ	<p>Происхождение молекулярных спектров.</p> <p>Энергетические уровни молекулы. Виды молекулярных спектров: вращательные, колебательные, электронные, формы их проявления. Методы ИКС и КРС.</p>
<b>Р4.1</b>	Спектрофотометрия	<p>Закономерности поглощения излучения молекулами в видимой и ультрафиолетовой области спектра. Спектр поглощения, молярный коэффициент поглощения. Типы хромофоров (<math>\pi</math>-<math>\pi^*</math>, <math>n</math>-<math>\sigma^*</math>, <math>n</math>-<math>\pi^*</math>, <math>d</math>-<math>d</math>, <math>d</math>-<math>\pi</math>), их отличительные особенности. Диффузное отражение излучения. Выбор условий фотометрических определений. Аналитическая реакция и обеспечение полноты ее протекания.</p> <p>Выбор концентрации реагента и рН раствора.</p> <p>Помехи со стороны сопутствующих компонентов, способы их подавления (выбор длины волны излучения, рН раствора, применение маскирования, метод оптического вычитания, метод добавок, использование методов отделения).</p> <p>Применение фотометрии в титриметрии. Повышение точности анализа методом дифференциальной фотометрии.</p> <p>Определение основных характеристик поглощающих комплексов (состава, молярного коэффициента поглощения, константы нестойкости).</p>

		<p>Аппаратура метода. Принципиальные схемы приборов. Одно- и двухлучевые приборы. Характеристика источников излучения, диспергирующих устройств, приемников излучения. Фотометры и спектрофотометры. Колориметры.</p> <p>Применение метода в контроле технологии редких и радиоактивных элементов.</p>
<b>P4.2</b>	Люминесцентный анализ	<p>Механизм и виды молекулярной люминесценции. Спектральный состав и длительность. Закономерности люминесцентного излучения (правило Коши, правило Стокса-Ломмеля). Квантовый</p> <p>выход люминесценции, зависимость от структуры молекул и свойств раствора. Закон Вавилова. Тушение люминесценции (концентрационное, температурное, примесями).</p> <p>Количественный люминесцентный анализ.</p> <p>Зависимость яркости флуоресценции от концентрации молекул. Выбор условий флуориметрических определений. Применение люминесцентных индикаторов в титриметрических методах.</p> <p>Аппаратура методов. Принципиальные схемы приборов. Характеристика источников излучения, диспергирующих устройств, приемников излучения.</p> <p>Применение метода в контроле технологии редких и радиоактивных элементов.</p>

### 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	<p>учебно-исследовательская, научно-исследовательская</p> <p>целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях</p>	<p>Технология дебатов, дискуссий</p> <p>Технология самостоятельной работы</p>	<p>ПК-3 - Способен проводить простые химические анализы и химические анализы средней сложности сырья, топливно-энергетических ресурсов, промежуточной и готовой продукции металлургического производства</p>	<p>П-2 - Определять химический состав проб сырья, топлива, промежуточной и готовой продукции</p>

### 1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## **2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Методы контроля в технологии редких и радиоактивных элементов**

#### **Электронные ресурсы (издания)**

1. Суделовская, А. В.; Основы аналитической химии : учебное пособие для практических занятий студентов факультета спо.; Брянский государственный аграрный университет, Брянск; 2019; <http://www.iprbookshop.ru/107911.html> (Электронное издание)
2. ; Теоретические основы аналитической химии : учебное пособие.; Российский университет дружбы народов, Москва; 2018; <http://www.iprbookshop.ru/104270.html> (Электронное издание)

#### **Печатные издания**

1. , Золотов, Ю. А.; Основы аналитической химии : учеб. для вузов : в 2 кн. Кн. 2. Методы химического анализа; Высшая школа, Москва; 2004 (30 экз.)
2. Васильев, В. П.; Аналитическая химия : учеб. для студентов вузов, обучающихся по хим.-технол. специальностям : [в 2 кн.]. Кн. 2. Физико-химические методы анализа; Дрофа, Москва; 2009 (11 экз.)
3. ; Аналитическая химия. Химические методы анализа : учеб. пособие для хим.- технол. специальностей.; Химия, Москва; 1993 (7 экз.)
4. , Никольский, А. Б.; Физические методы исследования неорганических веществ : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности 020101 "Химия" направления подготовки 0201100 "Химия"; Academia, Москва; 2006 (7 экз.)

#### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru>

Научная электронная библиотека Elibrary.ru <https://www.elibrary.ru/>

Электронная библиотечная сеть "Лань" <http://e.lanbook.com/>

Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ <http://study.urfu.ru/>

#### **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**

Министерство образования и науки Российской Федерации <http://минобрнауки.рф/>

Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>

ООО Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/defaultx.asp>

Электронный научный архив УрФУ <https://elar.urfu.ru>

Поисковая система <http://www.yandex.ru>

Поисковая система <http://www.google.com>

### 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Методы контроля в технологии редких и радиоактивных элементов

#### 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 соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES