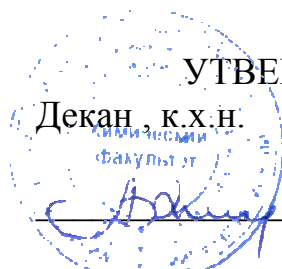




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра аналитической химии



УТВЕРЖДАЮ

Декан, к.х.н.

Вильмс А.И.

15.04.2025 г.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины **Б1.В.ДВ.07.01 «Рентгеноспектральные методы анализа»**

Направление подготовки **04.03.01 – «Химия»**

Направленность подготовки: Химия

Квалификация выпускника - бакалавр

Форма обучения очная

Согласовано с УМК химического факультета

Протокол №4 от 15.04.202 г.

Председатель А.И. Вильмс

Рекомендовано кафедрой аналитической химии,

Протокол № 4 от 10.03.2025 г.

Зав. кафедрой,

А.И. Вильмс

Иркутск 2025 г.

Содержание

- I. Цели и задачи дисциплины (модуля)
- II. Место дисциплины в структуре ОПОП.
- III. Требования к результатам освоения дисциплины
- IV. Содержание и структура дисциплины
 - 4.1 **Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов**
 - 4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине
 - 4.3 Содержание учебного материала
 - 4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ
 - 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов
 - 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов
 - 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)
- V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
 - а) перечень литературы
 - в) список авторских методических разработок
 - г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы
- VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины
 - 6.1. Учебно-лабораторное оборудование:
 - 6.2. Программное обеспечение:
 - 6.3. Технические и электронные средства обучения:
- VII. Образовательные технологии
- VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

1. Цели и задачи дисциплины:

Цели: познакомить студентов с теоретическими основами, возможностями, областью применения рентгеноспектральных методов анализа, аппаратурой, методическими подходами, навыками практического применения.

Задачи: - познакомить студентов с теоретическими основами возбуждения и регистрации рентгеновских спектров; с факторами, влияющими на зависимость аналитического сигнала от содержания компонентов и других характеристик исследуемых образцов; с приёмами учёта или ослабления их влияния на аналитический сигнал.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Учебная дисциплина «Рентгеноспектральные методы анализа» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, курс по выбору.

Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: Общая химия, химия неметаллов, Аналитическая химия, Строение вещества, Квантовая механика, Информатика и вычислительная техника, Математическая теория эксперимента.

Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

полученные знания, умения и навыки необходимы при дальнейшей работе в следующих сферах профессиональной деятельности: анализ вещества природных и техногенных сред; контроль качества промышленной продукции. При выполнении квалификационных работ, продолжении обучения в магистратуре.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО направлению 04.03.01 «Химия», профиль: Химия.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-3 Способен готовить объекты исследования (вещества синтетического и природного происхождения, материалы и пр.) и проводить их изучение по заданным методикам.	ИДК _{ПК-3.1} Готовит пробы объектов исследования ИДК _{ПК-3.2} Проводит экспериментальные работы по готовым методикам	Уметь: Пользоваться приборами и оборудованием для рентгенофлуоресцентного анализа Владеть: рассмотренными в рамках курса методиками анализа проб различного происхождения.
ПК-4 Способен обрабатывать результаты работ химической направленности с использованием	ИДК _{ПК-4.3} Составляет протоколы испытаний, отчеты о выполненной работе по заданной форме	Уметь: вести журнал результатов измерений, оформлять результаты эксперимента в соответствии с требованиями. Владеть: методами математической статистики, применяемыми при

стандартных методов и методик		обработке результатов анализа объектов природной и производственной среды.
ПК-5 Способен осуществлять контроль качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции химического назначения	ИДК _{ПК-5.1} Знает и может применять на практике современные экспериментальные методы для установления качественного и количественного состава анализируемого вещества	Знать: теоретические основы метода рентгеноспектрального анализа, преимущества, ограничения и области применения. Уметь: Проводить измерения (испытания) образцов природных сред и промышленных материалов. Проводить определение качественного и количественного состава образцов.
	ИДК _{ПК-5.2} Выполняет стандартные операции на высоко-технологическом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства	Знать: Основные характеристики рентгеноспектральной аппаратуры, правила ее эксплуатации, порядок проведения калибровки, проверки работоспособности.
ПК-6 Способен применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов	ИДК _{ПК-6.2} Использует компьютерные технологии для систематизации результатов эксперимента	Знать: физические основы метода рентгеноспектрального анализа, его место среди других физических методов определения элементного состава и основные области применения. Владеть: способами математической обработки результатов анализа с использованием пакета MS Excel.

4. Содержание и структура дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов, в том числе 0,5 зачетных единиц, 18 часов на экзамен
Из них 36 часов – практическая подготовка

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр 7	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации
			Контактная работа преподавателя с обучающимися	Самостоятельная работа				
				Лекции	лабораторные занятия		КСР+ КО	
					Всего часов	Из них практическая подготовка		
	Рентгеноспектральные методы анализа		16	36	36	15	23	Экзамен-18 час.
	Итого часов		16	36	36	15	23	

В рабочей программе по дисциплине при выполнении лабораторных работ предусмотрена практическая подготовка, связанная с необходимым этапом ознакомления с особенностями аппаратуры, способами подготовки проб, способами обработки результатов измерений.

4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
8	<i>Рентгеноспектральные методы анализа</i>	подготовка к устному опросу см. вопросы текущего контроля		23	Собеседование, написание отчетов по ЛР	См. список лит-ры, Доп. методич. указания к ЛР
Бюджет времени самостоятельной работы, предусмотренный учебным планом для данной дисциплины (час)				23		

5. Содержание учебного материала дисциплины

Содержание разделов и тем дисциплины.

Тема 1. Введение. Природа и общие свойства рентгеновского излучения.

Введение. Историческая справка. Открытие рентгеновских лучей и вехи истории исследования свойств и применения рентгеновских лучей. Область энергии рентгеновского излучения. Характеристический и тормозной (непрерывный) рентгеновский спектр. Рентгеновская флуоресценция. Области применения рентгеновского излучения для анализа вещества. Рекомендуемая литература по рентгеноспектральному анализу.

Тема 2. Характеристический рентгеновский спектр.

Энергии характеристических линий рентгеновского спектра. Энергии линий в модели атома Бора. Закон Мозли. Энергии линий из уравнения Шредингера для водородоподобного атома. Систематика характеристических линий рентгеновского спектра. Правила отбора для диаграммных линий, спутники линий.

Тема 3. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом

Ослабление потока рентгеновского излучения в веществе. Закон Бугера-Ламберта-Бэра. Атомный, массовый и линейный коэффициенты ослабления рентгеновского излучения.

Истинное поглощение - фотоэффект на внутренних оболочках атома. Когерентное и некогерентное рассеяние рентгеновского излучения. Зависимость от энергии излучения и атомного номера.

Тема 4. Интенсивность рентгеновского флуоресцентного излучения.

Рентгеновская флуоресценция. Радиационные и безрадиационные переходы в атоме (Выход флуоресценции К- и L-оболочек атома). Интенсивность линий спектра рентгеновской флуоресценции, возбужденного в образце монохроматическим излучением и излучением рентгеновской трубки. Зависимость интенсивности флуоресценции от химического состава образца. Зависимость интенсивности флуоресценции от толщины (массы) анализируемого образца. Зависимость от напряжения и силы тока на рентгеновской трубке.

Тема 5. Рентгеновская флуоресценция порошковых материалов.

Физическая природа эффекта микроабсорбционной неоднородности (МАН) в порошковых материалах и неоднородных сплавах при рентгенофлуоресцентном анализе (РФА). Выражение для интенсивности флуоресценции, возбужденной в многокомпонентном порошковом образце. Оценка эффекта МАН для двухкомпонентного образца. Приёмы учёта или устранения влияния МАН излучателя на результаты РФА.

Отбор проб к РФА. Зависимость представительной навески от химического состава образца, размера его частиц и содержания аналита.

Тема 6. Отражение и преломление рентгеновского излучения.

Отражение и преломление электромагнитного излучения в области видимого (оптического) и рентгеновского спектра. Угол полного внешнего отражения. Схема рентгенофлуоресцентного спектрометра с полным внешним отражением. Особенности регистрируемого спектра. Интенсивность флуоресцентного и рассеянного рентгеновского спектра, регистрируемого полупроводниковым детектором.

Тема 7. Схемы аппаратуры для рентгенофлуоресцентного анализа.

Блок-схема рентгеновского спектрометра. Источники возбуждения рентгеновской флуоресценции: рентгеновские трубки; радиоизотопные источники, синхротронное излучение.

Детекторы рентгеновского излучения: сцинтилляционные детекторы. газонаполненные пропорциональные детекторы, полупроводниковые детекторы (принципы работы, области применения. энергетическое разрешение).

Схемы кристалл-дифракционных спектрометров. Разрешение и светосила спектрометра.

Типы рентгеновских флуоресцентных спектрометров: спектрометры дисперсией по длинам волн; спектрометры с энергетической дисперсией; спектрометры с полным внешним отражением. Многоканальные, сканирующие кристалл-дифракционные спектрометры, компактные спектрометры с полупроводниковыми детекторами.

Тема 8. Основы метода электронно-зондового рентгеноспектрального микроанализа (РСМА)

Возбуждение рентгеновского излучения электронами Интенсивность характеристического и тормозного первичного рентгеновского излучения. Распределение характеристического рентгеновского излучения по глубине мишени.

Аппаратура. Устройство электронно-зондового рентгеноспектрального микроанализатора. Устройство электронного микроскопа. Размеры зоны возбуждения. Требования к поверхности зоны исследования (качества поверхности образцов). Виды изображений поверхности при бомбардировке вещества электронами.

Методы учета матричных эффектов при РСМА.

Зависимость аналитического сигнала от состава образца. Стандартные образцы и образцы сравнения для микроанализа. Требования к образцам сравнения при РСМА.

Примеры применения метода РСМА в геологии, биологии, геохимии, физике, при исследовании образцов окружающей среды.

Тема 9. Рентгеновская флуоресценция порошковых материалов.

Физическая природа эффекта микроабсорбционной неоднородности (МАН) в порошковых материалах и неоднородных сплавах при рентгенофлуоресцентном анализе (РФА). Выражение для интенсивности флуоресценции, возбужденной в многокомпонентном порошковом образце. Оценка эффекта МАН для двухкомпонентного образца. Приёмы учёта или устранения влияния МАН излучателя на результаты РФА.

Отбор проб к РФА. Зависимость представительной навески от химического состава образца, размера его частиц и содержания аналита.

Тема 10. Способы анализа.

Способ внешнего стандарта. Способ внутреннего стандарта. Способ стандарта – фона. Уравнения связи в РФА и их классификация. Эмпирические уравнения связи; определение и контроль эмпирических коэффициентов уравнения. Уравнения связи, основанные на теоретических расчетах влияния состава матрицы на аналитический сигнал при РФА. Полуэмпирические уравнения связи. Краткие сведения о программном обеспечении рентгенофлуоресцентных спектрометров.

Способы подготовки проб к РСФА. Препарирование порошковых материалов. Препарирование металлов и сплавов. Препарирование растворов и суспензий.

Тема 11. Рентгенофлуоресцентный силикатный анализ.

Возможности и область применения силикатного РФА. Отбор и подготовка проб к РФА. Способы гомогенизации проб. Выбор градуировочных образцов. Способы коррекции матричных эффектов. Рентгенофлуоресцентное определение основных породообразующих и некоторых микроэлементов в минеральных средах.

Тема 12. Рентгеновские спектры и химическая связь.

Виды химической связи. Параметры рентгеновских спектров, подверженные влиянию химической связи. Химический сдвиг, ширина, асимметрия, форма и интенсивность диаграммных линий рентгеновского спектра и их сателлитов. Определение структуры молекул, степени окисления, электроотрицательности, функциональных групп по рентгеновским спектрам. Влияние химической связи на спектры поглощения рентгеновского излучения.

6. Перечень лабораторных работ

№ раздела и темы дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (часы)		Оценочные средства	Формируемые компетенции
		Всего часов	Из них практическая подготовка		
	Техника безопасности при выполнении работ в практикуме. Содержание практикума.			Собеседование	
Рентгеноспектральные методы анализа	Качественный рентгено-флуоресцентный анализ	6	6	устный опрос, проверка отчетов по выполненным работам	ИДК _{ПК-3.1} ИДК _{ПК-3.2} ИДК _{ПК-4.3} ИДК _{ПК-5.1} ИДК _{ПК-5.2} ИДК _{ПК-6.2}
	Рентгено-флуоресцентное определение элементов в пробах почв и осадочных отложений способами прямого внешнего стандарта и стандарта-фона	6	6		
	Анализ сталей с помощью уравнений множественной регрессии	6	6		
	Рентгено-флуоресцентный анализ на спектрометре с полным внешним отражением	6	6		
	Знакомство с кристалл-дифракционным рентгено-флуоресцентным спектрометром S4 Pioneer	6	6		

	Знакомство с электронно-зондовым микроанализатором JXA 8200	6	6		
Итого		36	36		

Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение самостоятельной работы студентов

№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
	<i>Рентгеноспектральные методы анализа</i>	подготовка к устному опросу см. вопросы текущего контроля – темы подготовки к коллоквиуму. Написание отчетов по ЛР	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6	ИДК _{ПК-3.1} ИДК _{ПК-3.2} ИДК _{ПК-4.3} ИДК _{ПК-5.1} ИДК _{ПК-5.2} ИДК _{ПК-6.2}

Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов, связана с подготовкой отчетов по выполненным лабораторным работам, закреплением теоретического материала в виде устного собеседования.

Структура отчета по лабораторной работе:

1. Цель работы.
2. Теоретическая часть.
3. Выполнение расчетных, графических и контрольных заданий в соответствии с методическими указаниями к каждой работе.
4. Вывод (на основе полученных результатов).

Методические рекомендации по выполнению и обработке экспериментальных данных по каждой лабораторной работе описаны в методических рекомендациях, подготовленных преподавателями кафедры.

Примерная тематика курсовых работ (проектов) - не предусмотрены

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

Основная литература:

1. Павлинский Г.В. Основы физики рентгеновского излучения 1982. - 376 с. Рентгенофлуоресцентный анализ +
2. Смагунова А.Н., Молчанова Е.И. Рентгенофлуоресцентный анализ многокомпонентных проб с помощью уравнений связи. – Иркутск: Изд-во

Иркутского гос-унта, 2011. – 44 с. 40 экз. +

Дополнительная учебная литература:

3 Лосев Н.Ф., Смагунова А.Н. Основы рентгеноспектрального флуоресцентного анализа. – М.: Химия, 1982. – 208 с. +

4 Лосев Н.Ф. Количественный рентгеноспектральный флуоресцентный анализ. М.: Наука, 1969. 336 с. +



Справочные базы рентгеноспектральных данных.

<http://xdb.lbl.gov/> X-RAY DATA BOOKLET -

<http://physics.nist.gov/PhysRefData/XrayTrans/Html/search.html> Physical Reference Data, X-Ray and Gamma-Ray Data

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебно-лабораторное оборудование:

Помещения для проведения лекционных занятий, укомплектованные необходимым оборудованием, приборной базой, а именно: аудитории, оснащенные мультимедийными средствами для проведения аудиторных занятий (ауд. 6), лабораторные практикумы (лаб. 125, 126), оснащенные необходимым оборудованием и реактивами.

1. Рентгеновский флуоресцентный спектрометр СПЕКТРОСКАН МАКС-GVM в комплекте с программным обеспечением (фирма Спектрон, Россия).
2. Рентгеновский флуоресцентный спектрометр VRA-30. («Карл Цейс», Германия)
3. Пресс лабораторный гидравлический ПГР-10 в комплекте с пресс-формой круглого сечения с фигурным пуансоном; диаметр таблетки-излучателя 20 мм.
4. Рентгеновский спектрометр с полным внешним отражением S2 Picofox (Bruker, Германия). Установлен в Институте земной коры СО РАН.
5. Рентгеновский флуоресцентный спектрометр S4 Pioneer (Bruker AXS, Германия). Установлен в Институте геохимии СО РАН.
6. Электронно-зондовый микроанализатор JXA 8200 (JEOL, Япония). Установлен в Институте геохимии СО РАН.

9. Образовательные технологии

В процессе изучения дисциплины используются лекции, контрольные и лабораторные работы, коллоквиумы, разбор конкретных ситуаций.

10. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

Оценочные средства (ОС): для промежуточной аттестации в форме коллоквиума

Оценочные средства текущего контроля формируются в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе университета. Назначение оценочных средств ТК - выявить сформированность компетенций.

Темы для подготовки к коллоквиуму

1. Области применения рентгеновского излучения для анализа вещества. Методы рентгеноспектрального анализа и задачи аналитической химии, решаемые с их помощью.
2. Основные свойства и характеристики рентгеновских лучей (область энергии, проникающая способность). Характеристический и тормозной рентгеновский спектр.
3. Систематика характеристических линий рентгеновского спектра. Правила отбора для диаграммных линий, сателлиты линий. Описание переходов в модели атома Бора, сопровождающихся излучением линий рентгеновского спектра. Закон Мозли.
4. Закон ослабления потока рентгеновского излучения в веществе Бугера-Ламберта-Бэра. Атомный, массовый и линейный коэффициенты ослабления рентгеновского излучения.
5. Фотоэффект на внутренних оболочках атома (поглощение рентгеновского излучения).
6. Когерентное и некогерентное рассеяние рентгеновского излучения.
7. Подготовка проб к РФА. Оценка предела обнаружения элемента.
8. Способы определения концентраций: способ прямого внешнего стандарта и способ стандарта-фона.
9. Схема и основные аппаратные компоненты кристалл-дифракционного рентгенофлуоресцентного спектрометра.
10. Электронно-зондовый микроанализатор: основные аппаратные компоненты, применение.

Примерный перечень вопросов к экзамену по курсу «Рентгеноспектральные методы анализа»

1. Области применения рентгеновского излучения для анализа вещества. Методы рентгеноспектрального анализа и задачи аналитической химии, решаемые с их помощью.
2. Основные свойства и характеристики рентгеновских лучей (область энергии, проникающая способность). Характеристический и тормозной рентгеновский спектр.
3. Систематика характеристических линий рентгеновского спектра. Правила отбора для диаграммных линий, сателлиты линий. Описание переходов в модели атома Бора, сопровождающихся излучением линий рентгеновского спектра. Закон Мозли.
4. Закон ослабления потока рентгеновского излучения в веществе Бугера-Ламберта-Бэра. Атомный, массовый и линейный коэффициенты ослабления рентгеновского излучения.
5. Фотоэффект на внутренних оболочках атома (поглощение рентгеновского излучения). Когерентное и некогерентное рассеяние рентгеновского излучения.
6. Рентгеновская флуоресценция. Радиационные и безрадиационные переходы в атоме. Выход флуоресценции. Интенсивность линий спектра рентгеновской флуоресценции, возбужденного в массивном образце.
7. Зависимость интенсивности рентгеновской флуоресценции от химического состава образца. Зависимость интенсивности флуоресценции от толщины и массы анализируемого образца.
8. Детекторы рентгеновского излучения: сцинтилляционные детекторы, газонаполненные пропорциональные детекторы, полупроводниковые детекторы (принципы работы, области применения, энергетическое разрешение).

9. Схема и основные аппаратные компоненты кристалл-дифракционного рентгенофлуоресцентного спектрометра. Многоканальные и сканирующие кристалл-дифракционные спектрометры.
10. Источники возбуждения рентгеновской флуоресценции: рентгеновские трубки; радиоизотопные источники, синхротронное излучение.
11. Схема и основные аппаратные компоненты энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного спектрометра. Энергетическое разрешение и эффективность полупроводниковых детекторов.
12. Рентгенофлуоресцентные спектрометры с полным внешним отражением. Области применения.
13. Эффект микроабсорбционной неоднородности при рентгенофлуоресцентном анализе. Характеристика порошковых образцов «тонкого», «грубого» помола по отношению к рентгеновскому излучению.
14. Приёмы учёта, устранения или уменьшения влияния микроабсорбционной неоднородности излучателя на результаты РФА.
15. Компоненты фона в коротковолновой и длинноволновой областях рентгеновского флуоресцентного спектрометра. Оценка статистической погрешности счёта при определении малых концентраций элементов и предела обнаружения.
16. Способы анализа: способ внешнего стандарта, способ внутреннего стандарта, способ стандарта – фона.
17. Эмпирические уравнения связи для учета влияния состава матрицы на аналитический сигнал при РФА. Преимущества и ограничения.
18. Уравнения связи, основанные на теоретических расчетах влияния состава матрицы на аналитический сигнал при РФА. Преимущества и ограничения.
19. Подготовка проб к РФА. Препарирование порошковых материалов. Препарирование металлов и сплавов. Препарирование растворов и суспензий. Отбор проб. Представительная навеска, ее зависимость от химического состава образца, размера его частиц.
20. Рентгенофлуоресцентный анализ силикатных горных пород. Гомогенизация образцов сплавлением с флюсами. Особенности определения легких элементов ($Z < 20$).
21. Рентгеновские спектры и химическая связь. Параметры рентгеновских спектров, подверженные влиянию химической связи (химический сдвиг, форма и интенсивность диаграммных линий рентгеновского спектра).
22. Влияние химической связи на спектры поглощения рентгеновского излучения.

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1.	Собеседование	Основные свойства и характеристики рентгеновских лучей. Систематика характеристических линий рентгеновского спектра. Закон Мозли. Качественный и количественный рентгенофлуоресцентный анализ. Подготовка проб к анализу. Области применения рентгенофлуоресцентного метода анализа.	ИДК _{ПК-5.1} ИДК _{ПК-5.2}

2.	Выполнение лабораторной работы. Написание отчета.	Качественный рентгенофлуоресцентный анализ. Препарирование порошковых проб. Определение атомного номера элемента, зная длину волны его характеристической линии. Оценка предела обнаружения элемента.	ИДК _{ПК-3.2} ИДК _{ПК-4.3} ИДК _{ПК-5.2}
3.	Собеседование	Способ прямого внешнего стандарта. Градуировочные образцы. Когерентное и некогерентное рассеяние рентгеновских квантов в веществе. Принцип способа стандарта-фона.	ИДК _{ПК-5.1}
4.	Выполнение лабораторной работы. Написание отчета.	Рентгенофлуоресцентное определение элементов в пробах почв и осадочных отложений способами прямого внешнего стандарта и стандарта-фона. Расчет массовых коэффициентов ослабления для образцов с разным составом матрицы.	ИДК _{ПК-3.2} ИДК _{ПК-4.3} ИДК _{ПК-5.2}
5.	Собеседование	Классификация уравнений связи. Преимущества и недостатки уравнений множественной регрессии. Преимущества и недостатки уравнений с теоретически рассчитанными коэффициентами. Подготовка металлов к РФА	ИДК _{ПК-5.1} ИДК _{ПК-5.2}
6.	Выполнение лабораторной работы. Написание отчета.	Анализ сталей с помощью уравнений множественной регрессии. Выбор оптимального уравнения методом перебора влияющих коэффициентов.	ИДК _{ПК-3.2} ИДК _{ПК-4.3} ИДК _{ПК-5.2}
7.	Собеседование	Схема и основные аппаратные компоненты энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного спектрометра. Рентгенофлуоресцентный анализ с полным внешним отражением. Условия полного внешнего отражения. Подготовка жидких проб к анализу. Способ внутреннего стандарта.	ИДК _{ПК-5.1} ИДК _{ПК-5.2}
8.	Выполнение лабораторной работы. Написание отчета.	Определение элементного состава проб воды и молока на спектрометре S2 Picofox.	ИДК _{ПК-5.1} ИДК _{ПК-5.2}
9.	Собеседование	Схема и основные аппаратные компоненты кристалл-дифракционного рентгенофлуоресцентного спектрометра.	ИДК _{ПК-5.1} ИДК _{ПК-5.2}
10.	Выполнение	Знакомство с рентгенофлуоресцентным	ИДК _{ПК-5.1}

	лабораторной работы. Написание отчета.	спектрометром с волновой дисперсией. Рентгенофлуоресцентный анализ силикатных горных пород. Гомогенизация образцов сплавлением с флюсами	ИДК _{ПК-5.2}
11.	Собеседование	Электронно-зондовый микроанализатор: основные аппаратурные компоненты, применение	ИДК _{ПК-3.2} ИДК _{ПК-4.3} ИДК _{ПК-5.2}
12	Выполнение лабораторных работ. Написание отчетов.	Знакомство с электронно-зондовым микроанализатором JXA 8200	

Планируемые результаты обучения для формирования компетенций

Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Процедура оценивания
ИДК _{ПК-3.2} Проводит экспериментальные работы по готовым методикам	Уметь: Пользоваться современными приборами и оборудованием: потенциометры, кулонометры, хроматографы. Владеть: стандартными методиками анализа проб различного происхождения.	Выполнение лабораторных работ.
ИДК _{ПК-4.3} Составляет протоколы испытаний, отчеты о выполненной работе по заданной форме	Уметь: вести журнал результатов наблюдений, оформлять результаты эксперимента в соответствии с требованиями. Владеть: методами математической статистики, применяемыми при обработке результатов анализа объектов природной и производственной среды.	Оформление отчетов по лабораторным работам.
ИДК _{ПК-5.1} Знает и может применять на практике современные экспериментальные методы для установления качественного и	Знать: теоретические основы физико-химических методов анализа, их преимущества, недостатки и области применения. Знать: методы и средства контроля характеристик	Собеседование. Выполнение лабораторных работ.

количественного состава анализируемого вещества	поступающих материалов, сырья, полуфабрикатов и комплектующих изделий. Уметь: Проводить испытания сырья и упаковочных материалов, промежуточной продукции с помощью химических, физико-химических методов.	
ИДК _{ПК-5.2} Выполняет стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства	Знает: Характеристики лабораторного оборудования, применяемого при анализах, правила его эксплуатации, порядок проведения калибровки, проверки работоспособности.	Собеседование. Выполнение лабораторных работ.

Необходимо выполнить 6 лабораторных работ. Каждая работа оценивается максимум на 5 баллов. Оценивается техника выполнения, оформление отчетов.

Предусмотрено 6 собеседований. Каждая тема оценивается максимум на 5 баллов.

Для получения допуска к экзамену необходимо набрать минимум 36 баллов.

Критерии оценивания результатов обучения на экзамене

Оценка «неудовлетворительно»

фрагментарное знание предмета, отсутствие умений и навыков применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных задач (менее 50 баллов).

Оценка «удовлетворительно»

несистематизированные знания предмета, частично сформированные умения и навыки применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных задач (50-69 баллов).

Оценка «хорошо»

в целом, сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания предмета, умение применять методы и подходы изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач с минимальным количеством ошибок не принципиального характера, наличие навыков применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач (70 - 85 баллов).

Оценка «отлично»

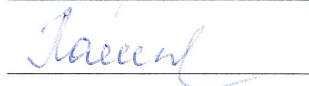
сформированные и систематизированные знания предмета, сформированные умения и навыки применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач (86-100 баллов).

Разработчики:



профессор

А.Л. Финкельштейн



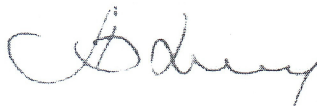
доцент

Г.В. Пашкова

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учетом рекомендаций ПООП по направлению и профилю подготовки 04.03.01 «Химия» Программа рассмотрена на заседании кафедры аналитической химии

10 марта 2025г. Протокол № 4

Зав. кафедрой, к.х.н., доцент



А.И. Вильмс

Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.