



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



УТВЕРЖДАЮ

Декан, к.х.н.

Вильмс А.И.

10.06.2026 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 10.06.2026 г.
Председатель А.И. Вильмс

Рекомендовано кафедрой
Аналитической и
фармацевтической химии,
Протокол № 4 от 26.05.2026 г.
Зав. кафедрой,
АИ. Вильмс

Иркутск 2026 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 обработке

стандартных методов и методик		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)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации
			Контактная работа преподавателя с обучающимися					
			Лекции	лабораторные занятия		КСР+ КО		
				Всего часов	Из них практическая подготовка			
	Рентгеноспектральные методы анализа		16	36	36	15	23	
	Итого часов		16	36	36	15	23	Экзамен-18 час.

В рабочей программе по дисциплине при выполнении лабораторных работ предусмотрена практическая подготовка, связанная с необходимым этапом ознакомления с особенностями аппаратура, 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, сателлиты 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 порошkovом 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 аппаратурные компоненты кристалл-дифракционного рентгенофлуоресцентного спектрометра.
10. Электронно-зондовый микроанализатор: основные аппаратурные 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 аппаратурные 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	Качественный рентгенофлуоресцентный анализ. Препарирование порошковых проб. Определение атомного номера	ИДК _{ПК-3.2} ИДК _{ПК-4.3}

	работы. Написание отчета.	элемента, зная длину волны его характеристической линии. Оценка предела обнаружения элемента.	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 лабораторной работы.	Знакомство с рентгенофлуоресцентным спектрометром с волновой дисперсией. Рентгенофлуоресцентный анализ	ИДК _{ПК-5.1} ИДК _{ПК-5.2}

	Написание отчета.	силикатных горных пород. Гомогенизация образцов сплавлением с флюсами	
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 количественного состава анализируемого вещества	Знать: теоретические основы физико-химических методов анализа, их преимущества, недостатки и области применения. Знать: методы и средства контроля характеристик поступающих материалов, сырья, полуфабрикатов и комплектующих изделий.	Собеседование. Выполнение лабораторных работ.

	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

26 мая 2026г. 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.