

### 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 , Бильмс А.И.

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 Рекомендовано кафедрой: аналитической химии

Протокол № 6 от «17 »мая 2021 г. Протокол № 4 от «10 » № 2021 г. Председатель Вильмс А.И. Зав. кафедрой Пройдаков А.Г.

### Содержание

- 1. Цели и задачи дисциплины:
- 2. Место дисциплины в структуре опоп во
- 3. Требования к результатам освоения дисциплины
- 4. 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
- 5. Содержание учебного материала дисциплины

Содержание разделов и тем дисциплины.

6. Перечень лабораторных работ

Методические указания по организации самостоятельной работы студентов Примерная тематика курсовых работ (проектов) (*при наличии*). Курсовые работы не предусмотрены

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература

Дополнительная учебная литература.

Справочные базы рентгеноспектральных данных.

- 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины
- 9. Образовательные технологии
- 10. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

Темы для подготовки к коллоквиуму

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

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

Планируемые результаты обучения для формирования компетенций Критерии оценивания результатов обучения

### 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

- 2.1. Учебная дисциплина «Рентгеноспектральные методы анализа» относится к к части, формируемой участниками образовательных отношений, курс по выбору.
- 2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

№ п/п	Код дисциплины	Наименование предшествующих	
		дисциплин	
1.	Б1.0.17	Аналитическая химия	
2.	B1.0.15	Общая химия, химия неметаллов	
3.	Б1.0.30	Строение вещества	
4.	Б1.0.31	Квантовая механика	
5.	Б1.0.22	Информатика и вычислительная техника	
6.	Б1.В.02	Математическая теория эксперимента	

2.3. 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 компетенций (элементов следующих компетенций) в соответствии с ФГОС ВО направлению 04.03.01 «Химия», профиль: теоретическая и прикладная 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 <sub>ПК-3.1</sub> Готовит пробы объектов исследования ИДК <sub>ПК-3.2</sub> 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 стандартных методов и методик	ИДК <sub>ПК-4.3</sub> 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 результатов анализа объектов природной и производственной среды.
ПК-5 Способен осуществлять контроль качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции химического назначения	ИДК <sub>ПК-5.1</sub> 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 <sub>ПК-5.2</sub> 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 <sub>ПК-6.2</sub> 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

Трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 часа.

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

Формы текущего промежуточной (по семестрам) успеваемости; Собеседование <u>2</u>+1Экзамен аттестации лабораторных киодтноя Форма Коллоквиум. оформление по темам отчетов. работ, втодья Виды учебной работы, включая самостоятельную работу 15 Самостоятельная Консультации 2+1KCP+ Контактная работа преподавателя с обучающихся и трудоемкость 2+1 практическая подготовка (в часах) лабораторные занятия обучающимися 36 36 Всего часов 36 188 18 Лекции Семестр Рентгеноспектральные методы анализа Раздел дисциплины/темы Итотв часов № п/п

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

2+1

измерений.

4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

		Самостоятельная работа обучающихся	ота обучающия	КСЯ		Учебно-методическое
Семестр	Название пазлепа темы	Вип самостовтепьной	Споки	Затраты	Оценочное	обеспечение
John			и органи	времени	средство	самостоятельной
		pacota	БЫПОЛИСНИЯ	(час.)		работы
	Bound of the state	подготовка к устному			Собеседование,	Собеседование, См. список лит-ры,
∞	г ентгеноспектральные метооы	опросу см. вопросы		15	написание	написание Доп. методич.
	анализа	текущего контроля			отчетов по ЛР указания к ЛР	указания к ЛР
Бюджет	Бюджет времени самостоятельной работы, предусмотренный учебным планом для	едусмотренный учебным пл	ланом для	15		
данной,	<b>данной дисциплины (час)</b>			1.3		

### 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.

### <u>Тема 2. Характеристический рентгеновский спектр.</u>

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 флуресцентного излучения.

Рентгеновская флуоресценция. Радиационные и безрадиационные переходы в атоме (Выход флуоресценции К- и L-облочек 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  $P\Phi A$ . 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.

### <u>Тема 8. Основы метода электронно-зондового рентгеноспектрального</u> <u>микроанализа (PCMA)</u>

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	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (часы)		Оценочные средства	Формируемые компетенции
дисциплины	The Property of the Property o	Всего часов	Из них практическая подготовка	Transfer in	
	Техника безопасности при выполнении работ в практикуме. Содержание практикума.			Собеседование	
	Качественный рентгено- флуоресцентный анализ	6	6	устный опрос, проверка отчетов по выполненным	ИДК <sub>ПК-3.1</sub> ИДК <sub>ПК-3.2</sub> ИДК <sub>ПК-4.3</sub> ИДК <sub>ПК-5.1</sub>
анализа	Рентгено- флуоресцентное определение элементов в пробах почв и осадочных отложений способами прямого внешнего стандарта и стандарта-фона	6	6	<b>-</b> работам	ИДК <sub>ПК-5.2</sub> ИДК <sub>ПК-6.2</sub>
Рентгеноспектральные методы анализа	Анализ сталей с помощью уравнений множественной регрессии	6	6		
	Рентгено- флуоресцентный анализ на спектрометре с полным внешним отражением	6	6		
Рен	Знакомство с кристалл- дифракционным рентгено- флуоресцентным спектрометром S4 Pioner	6	6		
	Знакомство с электронно-зондовым микроанализатором JXA 8200	6	6		
Итого		36	36		

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

No	Тема	Задание	Формируемая	ИДК
п/	ā		компетенция	
П	Рентгеноспектральные методы анализа	подготовка к устному опросу см. вопросы текущего контроля – темы подготовки к колоквиуму. Написание отчетов по ЛР	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6	ИДК <sub>ПК-3.1</sub> ИДК <sub>ПК-3.2</sub> ИДК <sub>ПК-4.3</sub> ИДК <sub>ПК-5.1</sub> ИДК <sub>ПК-5.2</sub> ИДК <sub>ПК-6.2</sub>
		Hanneanne of letob no vii		

# 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) (при наличии). Курсовые работы не предусмотрены

# 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) *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 -

<a href="http://physics.nist.gov/PhysRefData/XrayTrans/Html/search.html">http://physics.nist.gov/PhysRefData/XrayTrans/Html/search.html</a> 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 зачету 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 аппаратурные 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:

№	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции,
π\			компоненты
П			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 <sub>ПК-5.1</sub> ИДК <sub>ПК-5.2</sub>
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 <sub>ПК-3.2</sub> ИДК <sub>ПК-4.3</sub> ИДК <sub>ПК-5.2</sub>
3.	Собеседование	Способ прямого внешнего стандарта. Градуировочные образцы. Когерентное и некогерентное рассеяние рентгеновских квантов в веществе. Принцип способа стандарта-фона.	ИДК <sub>ПК-5.1</sub>
4.	Выполнение лабораторной	Рентгенофлуоресцентное определение элементов в пробах почв и осадочных отложений способами прямого внешнего	ИДК <sub>ПК-3.2</sub> ИДК <sub>ПК-4.3</sub>

	работы. Написание отчета.	стандарта и стандарта-фона. Расчет массовых коэффициентов ослабления для образцов с разным составом матрицы.	ИДК <sub>ПК-5.2</sub>
5.	Собеседование	Классификация уравнений связи. Преимущества и недостатки уравнений множественной регрессии. Преимущества и недостатки уравнений с теоретически рассчитанными коэффициентами. Подготовка металлов к РФА	ИДК <sub>ПК-5.1</sub> ИДК <sub>ПК-5.2</sub>
6.	Выполнение лабораторной работы. Написание отчета.	Анализ сталей с помощью уравнений множественной регрессии. Выбор оптимального уравнения методом перебора влияющих коэффициентов.	ИДК <sub>ПК-3.2</sub> ИДК <sub>ПК-4.3</sub> ИДК <sub>ПК-5.2</sub>
7.	Собеседование	Схема и основные аппаратурные компоненты энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного спектрометра. Рентгенофлуоресцентный анализ с полным внешним отражением. Условия полного внешнего отражения. Подготовка жидких проб к анализу. Способ внутреннего стандарта.	ИДК <sub>ПК-5.1</sub> ИДК <sub>ПК-5.2</sub>
8.	Выполнение лабораторной работы. Написание отчета.	Определение элементного состава проб воды и молока на спектрометре S2 Picofox.	ИДК <sub>ПК-5.1</sub> ИДК <sub>ПК-5.2</sub>
9.	Собеседование	Схема и основные аппаратурные компоненты кристалл-дифракционного рентгенофлуоресцентного спектрометра.	ИДК <sub>ПК-5.1</sub> ИДК <sub>ПК-5.2</sub>
10.	Выполнение лабораторной работы. Написание отчета.	Знакомство с рентгенофлуоресцентным спектрометром с волновой дисперсией. Рентгенофлуоресцентный анализ силикатных горных пород. Гомогенизация образцов сплавлением с флюсами	ИДК <sub>ПК-5.1</sub> ИДК <sub>ПК-5.2</sub>
11.	Собеседование	Электронно-зондовый микроанализатор: основные аппаратурные компоненты, применение	ИДК <sub>ПК-3.2</sub> ИДК <sub>ПК-4.3</sub> ИДК <sub>ПК-5.2</sub>

12	Выполнение	Знакомство с электронно-зондовым
	лабораторных	микроанализатором JXA 8200
	работ.	
	Написание	
	отчетов.	

## Планируемые результаты обучения для формирования компетенций

Индикаторы	Результаты обучения	Процедура оценивания
достижения компетенции	(знать, уметь, владеть)	Tap of delight of delights
ИДК <sub>ПК-3.2</sub> 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 <sub>ПК-4.3</sub> 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 <sub>ПК-5.1</sub> 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.  Уметь: Проводить испытания сырья и упаковочных материалов, промежуточной продукции с помощью химических, физико-химических методов.	Собеседование. Выполнение лабораторных работ.
ИДК <sub>ПК-5.2</sub> 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.

### Критерии оценивания результатов обучения:

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

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

Для получения зачета необходимо набрать минимум 60 баллов.

Разработники:

профессор

А.Л.Финкельштейн

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

«<u>10</u>» <u>04</u> 2021 г. Протокол № <u>4</u> Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Пройдаков А.Г.

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