

**Правительство Российской Федерации
Санкт-Петербургский государственный университет**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Рентгеноспектральный анализ
X-ray spectroscopy analysis**

**Язык обучения
русский**

Трудоёмкость (границы трудоёмкости) в зачетных единицах: 2

Регистрационный номер рабочей программы: _____

Санкт-Петербург
2021

РАЗДЕЛ. 1. Характеристика учебных занятий.

1.1. Цели и задачи учебных занятий:

Цель изучения дисциплины - формирование навыков самостоятельного проведения рентгеноспектрального анализа (РСА) у работников исследовательских и производственных лабораторий.

Задачи курса: обучение слушателей физическим основам метода, принципам работы на рентгеновских спектрометрах, методике и технике РСА.

Полученные в период обучения знания и приобретенный опыт должны повысить профессиональный уровень (квалификацию) специалистов в области РСА.

1.2. Требования к подготовленности обучающего к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты).

Для успешного освоения настоящей учебной дисциплины слушатели должны быть знакомы с основами техники выполнения аналитического и физико-химического эксперимента, иметь навыки работы на персональном компьютере, высшее, незаконченное высшее или среднее профессиональное образование.

1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes): совершенствование компетенций, необходимых для профессиональной деятельности специалиста-химика в области рентгеноспектрального анализа:

ДК-1. способен выбрать и совершенствовать методику проведения рентгеноспектрального анализа;

ДК-2. способен самостоятельно планировать и проводить рентгеноспектральный анализ.

Знания, умения, навыки, осваиваемые обучающимся:

Обучающийся должен иметь представление:

- об основных тенденциях развития современной аналитической химии и роли рентгеноспектрального анализа;
- об области применения рентгеноспектрального анализа;
- о перспективах развития рентгеноспектрального анализа.

Обучающийся должен знать:

- определения основных терминов и понятий, используемых в рентгеновских методах анализа;
- классификацию и область применения основных методов рентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализа;

- физические основы рентгеноспектрального анализа;
- методы подготовки проб к рентгеноспектральному анализу;
- основные теоретические формулы рентгенофлуоресцентного метода;
- принципиальную схему, основные узлы и характеристики рентгеновских спектрометров;
- достоинства и недостатки энергодисперсионных и кристалл-дифракционных спектрометров;
- критерии выбора и реализации методики рентгеноспектрального анализа;
- основы метрологии рентгеноспектрального анализа.

Обучающийся должен уметь:

- выбрать методику рентгеноспектрального анализа;
- планировать проведение рентгеноспектрального анализа в своей лаборатории;
- трактовать результаты рентгеноспектрального анализа.

Обучающийся должен отработать навык:

- проведения пробоподготовки реальных объектов для рентгеноспектрального анализа;
- проведения измерений на рентгеновском спектрометре;
- обработки результатов измерений и оценки их прецизионности и правильности;
- проведения текущего обслуживания рентгеноспектрального оборудования;
- выявления и устранения основных неполадок рентгеновского спектрометра.

1.4. Перечень активных и интерактивных форм учебных занятий:

Активные формы обучения:

- изложение теоретического материала с использованием учебных пособий и электронной версии отдельных разделов курса лекций;

Интерактивные формы:

- представление каждым обучающимся реальных задач, с которыми он сталкивается в своей лабораторной практике;
- расчеты теоретических интенсивностей линий определяемых элементов;
- совместный разбор и активное участие каждого слушателя в обсуждении представленных лабораторных задач.

Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий

2.1. Организация учебных занятий

2.1.1 Основной курс

Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся																	
Период обучения (модуль)	Контактная работа обучающихся с преподавателем												Самостоятельная работа			Объём активных и интерактивных форм учебных занятий	Трудоёмкость
	лекции	семинары	консультации	практические занятия	лабораторные работы	контрольные работы	коллоквиумы	текущий контроль	промежуточная аттестация	итоговая аттестация	подготовка преподавателя	вспомогательные материалы	сам. раб. с использованием	текущий контроль (сам. раб.)	промежуточная аттестация (сам. раб.)		
ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ																	
Очно-заочная форма обучения																	
2 учетных недели	18	10	2	8						2	4		26			2	
	6-20									6-20							
ИТОГО	18	10	2	8						2	4		26			2	2
Формы текущего контроля успеваемости, виды промежуточной и итоговой аттестации																	
Период обучения (модуль)								Формы текущего контроля успеваемости				Виды промежуточной аттестации			Виды итоговой аттестации (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ)		
ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ																	
Очно-заочная форма обучения																	
2 учетных недели															экзамен		

2.2. Структура и содержание учебных занятий

Основной курс Основная траектория Очно-заочная форма обучения

№№ п/п	Название темы (раздела, части)	Вид учебных занятий	Количество часов
1	ВВЕДЕНИЕ. Краткий обзор современного состояния рентгеноспектрального анализа, задачи и план курса.	лекций	1
		семинаров	1
		Под руководством преподавателя	1
		Практических занятий	0
		Самостоятельной работы	2
2	ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕНТГЕНСПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА Возбуждение рентгеновского характеристического излучения, систематика рентгеновских спектров. Оже-эффект, выход флуоресценции. Тормозное излучение. Реальные спектры рентгеновских трубок и радиоизотопов. Взаимодействие рентгеновских фотонов с веществом (закон ослабления, коэффициент ослабления, фотоэлектрическое поглощение, когерентное и некогерентное рассеяние). Дифракция рентгеновского излучения, закон Брегга-Вульфа. Преломление, полное внешнее отражение. Поляризация рассеянного излучения. Рентгеновские методы анализа (классификация и применение).	лекций	8
		семинаров	4
		Под руководством преподавателя	1
		Практических занятий	0
		Самостоятельной работы	8
3	РЕНТГЕНСПЕКТРАЛЬНАЯ АППАРАТУРА. Способы регистрации и разложения рентгеновского излучения в спектр. Типы рентгеновских детекторов (принципы действия пропорциональных, полупроводниковых и сцинтилляционных детекторов, разрешение и эффективность, области применения). Энергодисперсионные спектрометры. Блок-схема кристалл-дифракционного спектрометра, двойная селекция излучения, настройка измерительного канала. Методы разложения рентгеновского излучения в спектр. Вторичный спектр пробы. Фон, полезный сигнал. Погрешности	лекций	4
		семинаров	1
		Под руководством преподавателя	1
		Практических занятий	8
		Самостоятельной работы	6
4	МЕТОДИКА И ТЕОРИЯ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА. Этапы РФА. Пробоподготовка. Основная формула РФА и ее анализ. Матричные эффекты.	лекций	5
		семинаров	4
		Под руководством преподавателя	1
		Практических за-	0

	<p>Расчет содержания элементов - способы РФА: внешнего стандарта, добавок, внутреннего стандарта, стандарта-фона, фундаментальных параметров (μ-коррекция), теоретических поправок (α-коррекция), эмпирические уравнения.</p> <p>Внутренний и внешний контроль работы лаборатории (прецизионность, правильность и чувствительность анализа). Аттестация методик и аккредитация лабораторий.</p> <p>Применение РФА в экологии, современных технологиях, геологии, геохимии и др. областях. Современные высокочувствительные методы РФА.</p>	Самостоятельной работы	10
5	ИТОГОВАЯ АТТЕСТАЦИЯ	Сам. работа	2
Консультация		2	
Экзамен		2	

Раздел 3. Обеспечение учебных занятий

3.1. Методическое обеспечение

3.1.1. Методическое обеспечение по освоению дисциплины

На первом занятии обучающимся предоставляется раздаточный материал, подготовленный преподавателем (презентации лекций, учебные пособия).

3.1.2. Методическое обеспечение самостоятельной работы

На первом занятии обучающимся предоставляются в электронном виде учебные пособия в электронном виде, задания для самостоятельной работы).

3.1.3. Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания

Контроль успеваемости и качества усвоения учебного материала заключается в проведении итоговой аттестации в форме экзамена по окончании обучения в виде тестирования. Критерии оценки: «отлично» – 100-81% правильных ответов, «хорошо» – 80-61%, «удовлетворительно» – 60-41%.

3.1.4. Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства).

Методические материалы для текущего контроля успеваемости и итоговой аттестации включают:

- программа курса;
- перечень вопросов для итоговой аттестации;
- задания в форме тестов.

Перечень тем для итоговой аттестации:

1. Возбуждение рентгеновского характеристического излучения, систематика рентгеновских спектров. Оже-эффект, выход флуоресценции.
2. Реальные спектры рентгеновских трубок.
3. Закон ослабления рентгеновского излучения, коэффициент ослабления, фотоэлектрическое поглощение.
4. Когерентное рассеяние. Дифракция рентгеновского излучения, закон Брегга-Вульфа.
5. Некогерентное рассеяние.
6. Преломление, полное внешнее отражение.
7. Поляризация рассеянного излучения.
8. Рентгеновские методы анализа (классификация и применение).
9. Энергодисперсионные спектрометры.
10. Блок-схема кристалл-дифракционного спектрометра, двойная селекция излучения, настройка измерительного канала.
11. Типы детекторов, разрешение детектора.
12. Энергодисперсионные спектрометры.
13. Вторичный спектр пробы. Фон, полезный сигнал.
14. Погрешности рентгеноспектральных измерений, аппаратурная погрешность.
15. Этапы РФА. Пробоподготовка.
16. Способы внешнего стандарта.
17. Способ добавок.
18. Способ внутреннего стандарта.
19. Способ стандарта-фона.
20. Способ фундаментальных параметров (μ -коррекция).
21. Способ теоретических поправок (α -коррекция).
22. Способ эмпирических уравнений связи.
23. Предел обнаружения элемента.

Примерный вариант заданий в тестовой форме:

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ НА ВОПРОС:

1. Какой метод рентгеноспектрального анализа является оптимальным для определения состава сплавов (или горных пород, или других объектов анализа - конкретно):

Варианты ответов:

- A. Электронно-зондовый РСА.
- B. РФА с ППД спектрометром.
- C. РФА-ПВО.
- D. РФА с кристалл-дифракционным спектрометром.
- E. РСА с протонным возбуждением.
- F. РФА-СИ.

2. Какой тип РС спектрометра предпочтителен для решения конкретной аналитической задачи вашей лаборатории

Варианты ответов:

- A. Энергодисперсионный спектрометр.
- B. Последовательный кристалл-дифракционный спектрометр.
- C. Многоканальный кристалл-дифракционный спектрометр.
- D. РФ спектрометр с ПВО.

2. Требования к методу подготовки проб к РС анализу в вашей лаборатории:

Варианты ответов:

- A. Механическое истирание.
- B. Шлифование поверхности образца.
- C. Сплавление с флюсом.
- D. Растворение пробы в кислотном растворе.

3.1.5. Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса (анкета установленного СПбГУ образца)

Примерная анкета-отзыв по преподаванию дисциплины

«Рентгеноспектральный анализ»

(может размещаться на веб-странице кафедры или Интернет-групп общения, создаваемых преподавателями и обучающимися)

Просим Вас заполнить анонимную анкету-отзыв по пройденному Вами курсу. Обобщенные данные анкет будут использованы для совершенствования преподавания. По каждому вопросу проставьте соответствующие оценки по шкале от 1 до 10 баллов (**обведите** выбранный Вами балл). В случае необходимости впишите свои комментарии.

1. *Насколько Вы удовлетворены содержанием дисциплины в целом?*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий _____

2. *Насколько Вы удовлетворены формами преподавания?*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий _____

3. *Как Вы оцениваете качество подготовки предложенных учебно-методических материалов?*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий _____

4. *Насколько Вы удовлетворены использованием преподавателями интерактивных и активных методов обучения ?*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий _____

5. *Какие из тем дисциплины Вы считаете наиболее полезными, ценными с точки зрения дальнейшего обучения и/или применения в последующей практической деятельности?*

6. Что бы Вы предложили изменить в методическом и содержательном плане для совершенствования преподавания данной дисциплины?

СПАСИБО!

3.2. Кадровое обеспечение

3.2.1. Образование и (или) квалификация преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий

К чтению лекций должны привлекаться только преподаватели, имеющие ученую степень, ученое звание, стаж работы более 5 лет.

Преподаватели, проводящие практические занятия, должны иметь высшее химическое образование, знать и владеть методикой преподавания физической дисциплины, знать содержание учебной дисциплины и владеть навыками, обязательными к освоению слушателями.

3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом

Не требуется.

3.3. Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

3.3.1. Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий

Аудитории для лекций и семинаров должны иметь мультимедийный проектор и экран, достаточное количество посадочных мест (не менее 12).

Для проведения практических занятий - специально оборудованное лабораторное помещение .

3.3.2. Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования

Аудитории для лекций и семинаров должны иметь неспециализированный компьютер с программным обеспечением общего пользования для показа иллюстративного материала в формате «Power Point», совместимый мультимедийный проектор и экран, доску, мел (или набор фломастеров для доски), а также хозяйственный инвентарь: вешалку-стойку для верхней одежды, бачок для мусора.

3.3.3. Характеристики специализированного оборудования

Проведение практических занятий требует использования современного рентгеноспектрального оборудования , установленного на предприятиях заказчиков обучения, либо у организаций партнеров- поставщиков (НПО «СПЕКТРОН» , ВСЕГЕИ).

3.3.4. Характеристики специализированного программного обеспечения

Специализированное программное обеспечение поставляется вместе с рентгеноспектральным оборудованием.

3.3.5. Перечень и объём требуемых расходных материалов

3.3.5.1 Хозяйственный инвентарь

1. Полотенца бумажные, 3 уп.
2. Мыло туалетное жидкое с диспенсером, 1 фл.
3. Пакеты для мусора (20-30л), 1 рулон
4. Вешалка-стойка для одежды, 1 шт.
5. Бачок для мусора, 1 шт.

3.3.5.2 Расходные материалы к оргтехнике, канцтовары

1. Картриджи для лазерного принтера, 1 шт.
2. USB-устройства флэш-памяти емк. 16 Гб, 2 шт.
3. Бумага для ксерокопирования и лазерного принтера формата А4, 2 пачки
4. Степлер 20 листов, 1 шт.
5. Набор мелков цветных, 1 кор.
6. Папки-файлы прозрачные, 50 шт.
7. Скоросшиватели, 20 шт.
8. Скотч прозрачный (лента клейкая) 20 мм., 1 рулон
9. Скотч прозрачный (лента клейкая) 60 мм., 1 рулон
10. Скрепки канцелярские, 1 кор.
11. Клей канцелярский, 1 шт.
12. Скобы для степлера 24/6, 1 кор.
13. Фломастеры цветные водорастворимые для доски, набор, 2 шт.
14. Губки для доски, 2 шт.
15. Флеш-носители, 8 шт.

3.4. Информационное обеспечение

3.4.1 Список обязательной литературы:

Обязательная литература не предусмотрена.

3.4.2. Список дополнительной литературы:

1. А.В. Бахтиаров, С.К.Савельев. Рентгенофлуоресцентный анализ минерального сырья. Санкт-Петербург. Издательство СПбГУ. 2014. 148 с. (электронный вариант)
2. М.А.Блохин, И.Г.Швейцер. Рентгеноспектральный справочник. М., 1982. 376 с.
3. А.Н. Смагунова, Е.И.Шмелева, В.А.Швецов. Алгоритмы оперативного и статистического контроля качества работы аналитической лаборатории. Новосибирск, Наука. 2008. 60с.
4. А.В. Бахтиаров Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ в геологии и геохимии. Л., 1985. 144 с. (электронный вариант)
5. В.П.Афонин, Н.И.Комяк, В.П.Николаев, Р.И.Плотников. Рентгенофлуоресцентный анализ. Новосибирск: Наука. Сиб. Отд-ние, 1991. – 176 с.

3.4.3. Перечень иных информационных источников (Интернет–ресурсы):

1. <http://www.chemnet.ru> – ChemNet: Портал фундаментального химического образования России. Химическая информационная сеть
2. <http://www.chemport.ru> – Химический портал ChemPort.Ru
3. <http://www.vsegei.ru/ru/structure/labanalytics/lab/index.php> Сайт Аналитической лаборатории Всероссийского геологического института ВСЕГЕИ

Раздел 4. Разработчик программы

Бахтиаров Андрей Викторович, д.технич.н., профессор кафедры аналитической химии Института химии СПбГУ, avb@AB14523.spb.edu, тел. 8-911-149-0458.