

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования\_  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Химический факультет

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Рентгено-флуоресцентная спектроскопия

---

Уровень высшего образования

Специалитет

---

Направление подготовки / специальность

04.05.01 - Фундаментальная и прикладная химия

---

Направленность образовательной программы

Неорганическая химия

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03.ДВ.04.04 Рентгено-флуоресцентная спектроскопия относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1-н: Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии и/или смежных с химией науках	ПК-1-н-1: Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий ПК-1-н-2: Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	ПК-1-н-1: Знать основные понятия в области РФС и физические закономерности. Уметь находить и использовать литературные источники по тематике исследования, анализировать экспериментальные результаты. Владеть навыками критического анализа базовых теоретических разделов и экспериментальных методов спектроскопии в применении их к решению профессиональных задач.  ПК-1-н-2: Знать экспериментальные методы РФС; необходимую приборную базу и ее возможности для исследования процессов. Уметь определять компонентный состав различных объектов окружающей среды с помощью современной аппаратуры и осуществлять физико-химический анализ и обработку полученных результатов. Владеть навыками применения современной аппаратурной базы для	Контрольная работа	Экзамен: Контрольные вопросы

		решения поставленной экспериментальной задачи .		
ПК-1-т: Способен определять способы, методы и средства решения технологических задач в рамках прикладных НИР в выбранной области химии	<p>ПК-1-т-1: Готовит детальные планы отдельных стадий прикладных НИР</p> <p>ПК-1-т-2: Готовит документацию по подготовке, проведению и результатам прикладных НИР</p> <p>ПК-1-т-3: Предлагает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач в рамках прикладных НИР</p> <p>ПК-1-т-4: Проводит испытания инновационной продукции</p>	<p>ПК-1-т-1:</p> <p>Знать о способах оценки результатов НИР в области РФС, о способах компьютерного поиска результатов исследования по тематике НИР, о требованиях к оформлению результатов исследования, о способах изменений направлений исследований в РФС в зависимости от полученных результатов.</p> <p>Уметь планировать работу и интерпретировать полученные результаты с привлечением теоретических представлений базовых химических дисциплин.</p> <p>ПК-1-т-2:</p> <p>Знать основные характеристики методов РФС различной категории сложности и их обеспечение, принципы применяемых лабораторных методов.</p> <p>Уметь подготавливать отчет по результатам лабораторных исследований.</p> <p>Владеть навыками подготовки отчетов по результатам проведения эксперимента.</p> <p>ПК-1-т-3:</p> <p>Уметь использовать основные физические закономерности рентгеновского излучения и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, а также применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального</p>	Допуск к лабораторной работе	Экзамен: Контрольные вопросы

		<p>исследования.</p> <p><b>ПК-1-т-4:</b> Знать основные методы и стратегии контроля производственного процесса. Уметь осуществлять контроль качества на всех стадиях производства инновационной продукции; Владеть навыками применения требуемой обработки к различным типам данных.</p>		
<p><b>ПК-2-н:</b> Способен проводить информационные исследования в выбранной области химии и/или смежных с химией науках</p>	<p><b>ПК-2-н-1:</b> Проводит поиск специализированной информации в информационных базах данных <b>ПК-2-н-2:</b> Анализирует и обобщает результаты поиска по тематике проекта в области неорганической химии и/или смежных с химией наук</p>	<p><b>ПК-2-н-1:</b> Знать методы эффективного поиска научной и технической информации в сети Интернет и наиболее распространенных специализированных базах данных, в том числе, в полнотекстовых и реферативных базах научных публикаций. Уметь грамотно составить поисковый запрос в общих и специализированных базах данных, за короткий срок получить информацию о свойствах и параметрах процессов. Владеть навыками самостоятельного использования специализированных баз данных и специального программного обеспечения для поиска необходимой информации, проведения расчетов, обработки экспериментальных данных, подготовки научных публикаций и докладов.</p> <p><b>ПК-2-н-2:</b> Знать основные закономерности РФС, возможности их использования при решении профессиональных задач в области химии и смежных с</p>	Реферат	<p>Экзамен: Контрольные вопросы</p>

		<p>химией науках.</p> <p>Уметь анализировать результаты отдельных этапов научных и научно-технологических исследований на предмет их соответствия теоретическим представлениям химической науки.</p> <p>Владеть навыками анализа учебной информации и участия в дискуссии по вопросам тематики проекта в выбранной области.</p>		
<p>ПК-3-н: Способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии и/или смежных с химией науках</p>	<p>ПК-3-н-1: Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными</p> <p>ПК-3-н-2: Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов</p>	<p>ПК-3-н-1: Знать сущность и назначение программного обеспечения рентгеновского анализатора в развитии современной аналитической химии и спектроскопии и внедрении методов анализа, обладающих высокой точностью и экспрессностью.</p> <p>Уметь работать с программным обеспечением рентгеновского анализатора на уровне пользователя и способность применять полученные навыки в области познавательной и профессиональной деятельности.</p> <p>Владеть основными методами и способами РФС для определения компонентного состава различных объектов окружающей среды и интерпретации результатов экспериментов, полученных при работе на современном физическом и физико-химическом оборудовании.</p> <p>ПК-3-н-2: Знать об использовании методов РФС, принципах планирования прикладных работ на основе результатов исследований РФС.</p> <p>Уметь использовать результаты исследований в</p>	<p>Отчет по лабораторным работам</p>	<p>Экзамен: Контрольные вопросы</p>

		РФС для поиска новых технологий и материалов; для прогноза характеристик и свойств новых технологий и материалов. Владеть приемами деятельности по поиску прикладных решений на основе результатов, полученных методом РФС.		
--	--	--	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>9</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>324</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>80</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>192</b>
- КСР	<b>2</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>14</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>36</b> <b>Экзамен</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1. Физические основы РФС.	38	16	18	34	4
Тема 2. Аппаратура для РФС.	50	14	34	48	2
Тема 3. Проблемы при определении концентраций с помощью РФС.	50	12	36	48	2
Тема 4. Определение концентраций с помощью РФС.	50	14	34	48	2
Тема 5. Техника подготовки образцов для РФС.	50	12	36	48	2
Тема 6. Рабочие характеристики методик анализа.	48	12	34	46	2

Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	324	80	192	274	14

### Содержание разделов и тем дисциплины

#### Тема 1. Физические основы РФС.

Общая характеристика рентгеновского излучения. Основной принцип РФС. Общая характеристика возможностей метода. Закономерности первичного рентгеновского излучения. Тормозное рентгеновское излучение. Характеристическое рентгеновское излучение. Влияние электрических параметров. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Ослабление. Фотоабсорбция. Оже-эффект. Рассеяние. Дифракция на монокристаллах. Интенсивность рентгено-флуоресцентного излучения анализируемого образца. Интенсивность К – линии при монохроматическом возбуждении. Интенсивность К – линии при полихроматическом возбуждении. Оптимальные условия возбуждения. Влияние толщины анализируемого образца.

#### Тема 2. Аппаратура для РФС.

Принципиальное устройство прибора для РФС. Измеряемые величины. Возбуждение первичного излучения. Спектральное разложение флуоресцентного излучения. Измерение излучения. Детекторы. Регистрирующие электронные блоки. Обработка результатов измерений и представление данных. Функциональный контроль.

#### Тема 3. Проблемы при определении концентраций с помощью РФС.

Влияние матрицы. Проблема, связанная с величиной зерна и качеством поверхности. «Эффективный» объем образца для РФС. Влияние величины зерен и их распределения на интенсивность флуоресценции. Влияние состояния поверхности на интенсивность флуоресценции. Требования к стандартным образцам и образцам сравнения.

#### Тема 4. Определение концентраций с помощью РФС.

Расчетные возможности метода без специальной подготовки образцов. Графическое представление градуировочной характеристики и линейные градуировки. Модель корректировки по интенсивности флуоресценции. Регрессия и определение коэффициентов регрессии (МНК). Пример определения концентраций элементов в стали. Модель корректировки по концентрации. Метод фундаментальных параметров (МФП). Экспериментальные возможности. Применение внешних и внутренних стандартов. Использование рассеянного первичного излучения. Метод разбавления пробы.

#### Тема 5. Техника подготовки образцов для РФС.

Компактные металлические образцы для анализа. Порошкообразные образцы. Порошки в виде насыпного материала. Прессованные образцы без связующих добавок. Прессованные образцы со связующими добавками. Подготовка малых количеств вещества. Подготовка растворов. Сплавление.

#### Тема 6. Рабочие характеристики методик анализа.

Систематические и случайные погрешности при РФС. Статистические параметры для оценки случайных погрешностей. Оценка воспроизводимости методики. Оценка правильности методики. Оценка чувствительности методики. Определение предела обнаружения и определения. Определение дисперсии градуировочной функции. Затраты времени и трудоемкость.

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 48 ч.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

1. Нипрук О.В. Рентгенофлуоресцентная спектрометрия: учебно-методическое пособие.-

Н.Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2013.-72 с.

2. Черноруков Н.Г. Теория и практика рентгенофлуоресцентного анализа: учебно-методическое пособие. - Н.Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. - 57 с

#### **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

**5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

**5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н:**

Контрольная работа 1

1. Назовите, что необходимо иметь в наличии, чтобы разложить рентгеновское излучение в спектр.
2. Назовите основные типы детекторов рентгеновского излучения.
3. Что такое тормозное излучение рентгеновской трубки?
4. Что такое характеристическое излучение рентгеновской трубки?
5. Как влияют на спектр рентгеновской трубки материал анода, напряжение и ток? Приведите примеры.
6. Сформулируйте закон Мозли.
7. Что такое интенсивность рентгеновской флуоресценции?

**Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)**

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Высокий уровень владения материалом. Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Правильно выполнены все задания. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами. Проявлены отличные способности применять знания и умения к выполнению конкретных задач. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Правильно выполнена большая часть заданий, допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний, допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения при решении стандартных задач.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить полноту знаний и наличие навыков и умений вследствие отказа обучающегося от ответа.

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Допуск к лабораторной работе) для оценки сформированности компетенции ПК-1-т:

1. На модели атома нарисовать разрешенные переходы К-серии.

2. Нарисовать схематическое изображение эффекта Оже.
3. Нарисовать зависимость спектрального распределения интенсивности тормозного излучения от напряжения.
4. Нарисовать зависимость спектрального распределения интенсивности тормозного излучения от порядкового номера элемента анода рентгеновской трубки.
5. Подготовка проб к анализу. Подготовка растворов.
6. Подготовка проб к анализу. Подготовка малых количеств вещества
7. Подготовка проб к анализу. Подготовка порошковых материалов.
8. Подготовка проб к анализу. Подготовка металлов и сплавов.

#### **Критерии оценивания (оценочное средство - Допуск к лабораторной работе)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Допустимый уровень знаний выше минимального. Продемонстрированы основные умения. При решении типовых заданий могут быть негрубые ошибки. Имеется набор навыков выше минимального для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки. Или невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

#### **5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Реферат) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н:**

1. Определение поверхностной плотности (толщины) тонких однокомпонентных пленок рентгенофлуоресцентным методом.
2. Определение толщины тонких двухслойных однокомпонентных пленок методом РФА.
3. Рентгенофлуоресцентный анализ тонких двухкомпонентных пленок.
4. Рентгенофлуоресцентный анализ массивных образцов. Уравнения регрессии.
5. Влияние материала подложки на интенсивность флуоресценции К-линий тонких пленок.
6. Рентгенофлуоресцентный метод определения массового коэффициента поглощения в двухслойных тонкопленочных системах.

7. Определение методом РФА толщины тонких двухслойных пленок: один слой – однокомпонентный, другой – двухкомпонентный.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Реферат)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Реферат, презентация написаны в соответствии с предъявляемыми требованиями, продемонстрирован творческий подход, тема раскрыта полностью. Защита показала владение информацией по теме реферата в полном объеме. Получены исчерпывающие ответы на дополнительные вопросы.
отлично	Реферат, презентация написаны в соответствии с предъявляемыми требованиями, основные разделы по теме реферата раскрыты. Защита показала владение информацией по теме реферата. Получены ответы на дополнительные вопросы с несущественным недочетами.
очень хорошо	Реферат, презентация написаны в соответствии с предъявляемыми требованиями, основные разделы по теме реферата раскрыты, но имеется несколько несущественных ошибок. Защита показала владение информацией по теме реферата. Получены ответы на дополнительные вопросы с недочетами.
хорошо	Реферат, презентация написаны в соответствии с основными требованиями, тема реферата раскрыта с некоторыми недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при защите реферата с некоторыми недочетами. Даны неполные ответы на дополнительные вопросы.
удовлетворительно	Реферат, презентация написаны с существенными отклонениями от предъявляемых требований, тема реферата раскрыта частично. соответствии с основными требованиями, тема реферата раскрыта с некоторыми недочетами. Допущено много негрубых ошибок при защите реферата и при ответе на дополнительные вопросы.
неудовлетворительно	При написании реферата и презентации не выполнены предъявляемые требования, тема реферата не раскрыта. Защита показала отсутствие понимания материала. Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. Не получены ответы на дополнительные вопросы.
плохо	Содержание реферата, презентации не соответствует теме, предъявляемые требования не соблюдены. Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие владения материалом при защите реферата. Отказ обучающегося от ответа на дополнительные вопросы. Или реферат не предоставлен.

### 5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-3-н:

1. Приборы и реактивы, необходимые для проведения лабораторной работы.
2. Протоколирование результатов опытов.
3. Представление результатов эксперимента в виде таблиц и (или) графических зависимостей в отчете.
4. Расчет определяемых величин по экспериментальным данным.
5. Статистическая обработка результатов анализа.
6. Анализ полученных данных. Выводы.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Отчет должен удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к оформлению отчета. Содержание отчета соответствует названию лабораторной работы. Результаты эксперимента отражены в отчете, соответствуют данным в подписанном протоколе, обработаны, сделаны соответствующие выводы.
не зачтено	Содержание отчета не соответствует теме лабораторной работы, предъявляемые требования к оформлению лабораторной работы не соблюдены. Результаты эксперимента не отражены в отчете, либо не соответствуют протоколу, не обработаны, выводы по работе не сделаны. Или отчет не предоставлен.

### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

#### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	вследствие отказа обучающегося от ответа		негрубых ошибок	. Допущено несколько негрубых ошибок	. Допущено несколько несущественных ошибок	и. Ошибок нет.	
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

**5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:**

**5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н**

1. Первичное и флуоресцентное рентгеновское излучение.
2. Закон Вульфа-Бреггов.
3. Устройство и принцип действия рентгеновской трубки.
4. Спектральное распределение интенсивности тормозного и характеристического рентгеновского излучений.
5. Закон Мозли. Поглощение и отражение рентгеновского излучения.
6. Влияние химического состава излучателя на интенсивность флуоресценции.
7. Эффекты избирательного возбуждения и поглощения.

**5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1-т**

1. Оценка воспроизводимости и правильности методик анализа.
2. Экспрессность, производительность и информативность методик.

**5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н**

1. Оптическая и блок-схемы рентгеновского спектрометра. Устройство и назначение каждого блока схемы.
2. Кристалл-анализаторы для РФ спектрометров.
3. Детекторы рентгеновского излучения. Сцинтилляционный и проточно-пропорциональный счетчики.
4. Спектрометры с волновой и энергетической дисперсиями.
5. Образцы сравнения и стандартные образцы (ОС и СО).
6. Отбор проб для анализа.
7. Приготовление образцов сравнения (ОС).

8. Подготовка проб к анализу.
9. Способы внешнего и внутреннего стандарта.
10. Использование уравнений связи в РФС.
11. Регрессионные уравнения связи.
12. Способ стандарта-фона.
13. Учет фона.

#### **5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3-н**

1. Определение поверхностной плотности тонких однокомпонентных пленок.
2. Расчет плотности материала пленки.
3. Рентгено-флуоресцентный анализ тонких пленок. Определение компонентного состава и толщины многокомпонентных пленок.
4. Рентгено-флуоресцентное определение толщины слоев многослойных пленок.
5. Определение компонентного состава массивных образцов методом РФС.

#### **Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)**

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Умение свободно ориентироваться в материале, отвечать на вопросы, предусмотренные программой. Установлена взаимосвязь основных понятий дисциплины и их значения для приобретаемой профессии. Продемонстрированы все основные умения. Продемонстрированы творческие способности в понимании, изложении и использовании полученных теоретических знаний.
отлично	Высокий уровень владения материалом. Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Установлена взаимосвязь основных понятий дисциплины и их значения для приобретаемой профессии. Продемонстрированы все основные умения с несущественными недочетами. Продемонстрированы творческие способности в понимании, изложении и использовании полученных теоретических знаний.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Систематический характер знаний по предмету, возможно их самостоятельное

Оценка	Критерии оценивания
	пополнение и обновление в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности. Даны ответы на большинство вопросов, допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы высокие способности в понимании, изложении и использовании полученных теоретических знаний.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Систематический характер знаний по предмету, возможно их самостоятельное пополнение и обновление в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности. Даны ответы на большинство вопросов, допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы высокие способности в понимании, изложении и использовании полученных теоретических знаний.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущены негрубые ошибки при ответе, но продемонстрированы необходимые знания для их устранения под руководством преподавателя. Продемонстрированы основные умения, выполнены все задания, но не в полном объеме. Продемонстрированы базовые способности в понимании, изложении и использовании полученных теоретических знаний.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. Проявлены недостаточные способности в понимании, изложении и использовании полученных теоретических знаний.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить полноту знаний и наличие навыков и умений вследствие отказа обучающегося от ответа.

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

Основная литература:

1. Нипрук Оксана Валентиновна. Рентгенофлуоресцентная спектроскопия : учеб. пособие для студентов ННГУ, обучающихся по направлению подготовки "Химия" / [под ред. В. А. Крылова] ; ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2013. - 91 с. - ISBN 978-5-91326-266-0 : 148.33., 2 экз.
2. Черноруков Н. Г. Теория и практика рентгенофлуоресцентного анализа : электронное учебно-методическое пособие / Черноруков Н. Г., Нипрук О. В. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2012. - 57 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Химия., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=730253&idb=0>.
3. Аналитическая химия = Analytical Chemistry : Проблемы и подходы : в 2 т. Т. 2 / ред.: Р. Кельнер [и др.] ; пер. с англ. А. Г. Борзенко [и др.] ; под. ред. Ю. А. Золотова. - М. : Мир : АСТ, 2004. - 728 с. : ил. - (Лучший зарубежный учебник). - ISBN 5-03-003561-3 (Мир. Т. 2). - ISBN 5-17-021059-0

(АСТ. Т. 2) : 88.00., 1 экз.

4. Бёккер Юрген. Спектроскопия / пер. с нем. Л. Н. Казанцевой ; под ред. А. А. Пупышева, М. В. Поляковой. - М. : Техносфера, 2009. - 528 с. - (Мир химии ; IV - 11). - ISBN 978-5-94836-220-5 : 748.00., 2 экз.

Дополнительная литература:

1. Лосев Николай Фомич. Основы рентгеноспектрального флуоресцентного анализа. - М. : Химия, 1982. - 207 с. : ил. - (Методы аналитической химии). - 2.10., 3 экз.
2. Лосев Николай Фомич. Количественный рентгеноспектральный флуоресцентный анализ. - М. : Наука, 1969. - 336 с. : черт. - (Физико-математическая библиотека инженера). - 1.50., 1 экз.
3. Блохин М. А. Физика рентгеновских лучей. - 2-е изд., перераб. - М. : Гостехиздат, 1957. - 518 с., 1 л. номогр. : черт. - 17.50., 1 экз.
4. Блохин Михаил Арнольдович. Методы рентгено-спектральных исследований. - М. : Физматгиз, 1959. - 386 с. : ил. - 15.00., 3 экз.
5. Смагунова А. Н. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ : (учеб. пособие) / Иркут. гос. ун-т им. А. А. Жданова. - Иркутск : [б. и.], 1975. - 224 с. : с черт. - 1.51., 2 экз.
6. Хиславский Александр Григорьевич. Рентгеноспектральные экспрессные методы анализа полимерных материалов. - Л. : Химия, Ленингр. отд-ние, 1976. - 152 с. : ил. - 0.52., 2 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

<https://www.coursera.org/browse/computer-science>

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, специализированным оборудованием: Энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный анализатор EDX-720.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 04.05.01 - Фундаментальная и прикладная химия.

Автор(ы): Машин Николай Иванович, кандидат химических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Маркин Алексей Владимирович, доктор химических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 28.09.2023 г., протокол № 1.