

# Современные методы рентгеновского флуоресцентного элементного анализа

(название дисциплины)

## 1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Современные методы рентгеновского флуоресцентного элементного анализа» относится к числу профессиональных дисциплин, является вариативной и изучается на 3-ом году обучения, в 6-м семестре.

В рамках курса изучаются физические принципы генерирования и регистрации рентгеновских лучей, основные закономерности взаимодействия рентгеновского излучения с веществом и возникающие вторичные эффекты, методы элементного анализа на базе спектрометрии рентгеновского флуоресцентного излучения, осваиваются методики рентгеновского флуоресцентного элементного анализа (РФЭА) в различных материальных средах, способы расчета концентраций примесей в образцах сложного химического состава.

Освоение курса рентгеновского флуоресцентного элементного анализа опирается на знания, умения, навыки и компетенции, сформированные на двух предшествующих уровнях образования. В первую очередь, речь идет о способности использовать базовые законы физики, проводить анализ реальных физических систем, владеть основными методами высшей математики, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; об умении самостоятельно формулировать цели и задачи конкретного научного исследования в различных областях прикладной физики и решать их с помощью современных исследовательских методов с использованием отечественного и зарубежного опыта.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Целью курса является:

- научить эффективно использовать знания современной физики и математических методов в конкретном научном исследовании;
- выработать у обучающихся осознание органичной связи, существующей между физикой и смежными естественными науками (химией, биологией и т.п.);
- сформировать умение экстраполировать методы научного познания из одной области научного познания в другую;

Выпускник, освоивший программу, должен обладать следующими универсальными компетенциями:

Способность самостоятельно ставить сложные научно-исследовательские задачи в своей профессиональной области, в том числе - самостоятельно проводить поиск и анализ современной научной, технической и патентной литературы по перспективным направлениям физики конденсированного состояния, физического материаловедения и в смежных областях (информационных технологий в физике) (ПК-1)

## 3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачётные единицы, всего - 72 часа, из которых 18 часов занятия лекционного типа, 18 часов занятия практического типа (семинары, научно-

практические занятия, лабораторные работы и т.п.), 36 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

#### **4. Содержание разделов дисциплины**

##### Раздел 1. Физические принципы генерирования характеристического рентгеновского излучения

Физические механизмы возникновения тормозного и характеристического рентгеновского излучения при электронном, ионном и синхротронном возбуждении в материальных средах.

Флуоресцентный метод возбуждения характеристического рентгеновского излучения.

Образование вторичного характеристического рентгеновского излучения при воздействии жестких рентгеновских лучей на исследуемое вещество. Конкурентные процессы рентгеновской флуоресценции и эффекта Оже.

##### Раздел 2. Методы спектрометрии рентгеновских лучей

Ионизационный и сцинтилляционный методы измерения энергии рентгеновских фотонов. Дифракция Фраунгофера рентгеновских лучей на монокристаллах.

##### Раздел 3. Аппаратура для рентгеновского флуоресцентного элементного анализа

Вакуумные электронные трубки. Источники высокого стабилизированного напряжения. Системы охлаждения. Спектрометрические блоки. Детекторы рентгеновских лучей. Системы подачи образцов.

##### Раздел 4. Пробоподготовка образцов для рентгено-флуоресцентного элементного анализа

Очистка и измельчение исследуемых твердых образцов. Использование кювет для элементного анализа жидких материалов.

##### Раздел 5. Зависимость концентрации исследуемого химических элементов от интенсивности спектральных линий характеристического рентгеновского излучения

Поглощение падающего излучения. Ионизация внутренних электронных оболочек. Альтернативные радиационные переходы. Поглощение флуоресцентного излучения. Угловые зависимости регистрируемой интенсивности.

##### Раздел 6. Вторичные эффекты при флуоресцентном методе возбуждения характеристического рентгеновского излучения

Каскадные радиационные переходы. Вторичная флуоресценция. Возбуждение фотоэлектронами и электронами Оже. Эффект краёв поглощения.

##### Раздел 7. Учет влияния примесей на расчет концентраций химических элементов

Генерирование характеристических спектральных линий примесных химических элементов. Селективное поглощение. Нелинейные зависимости интенсивности аналитических линий от концентрации элементов. Перекрытие спектральных линий.

##### Раздел 8. Влияние размера исследуемого образца на интенсивность спектральных линий

Неоднородное распределение химических элементов в исследуемом образце. Рентгеновская флуоресценция в мелкодисперсных порошковых материалах. Особенности рентгеновской флуоресценции в микрозернистых металлах.

#### **5. Аттестация по дисциплине**

В ходе семестра осуществляется подготовка реферата. Тема реферата формулируется на консультации аспиранта со своим научным руководителем, рассматривается и

утверждается руководителем практических занятий, который также осуществляет постоянное консультирование в ходе подготовки реферата.

Аттестация по дисциплине проходит в виде зачета по семестровому курсу.

Оценка складывается из оценки знаний по общим вопросам физики рентгеновских лучей; из оценки степени усвоения методики рентгеновского флуоресцентного элементного анализа; третьей составляющей экзаменационной оценки является результат дискуссии и презентации реферата на семинарском занятии и результат собеседования по теме реферата на экзамене. Критерием оценки является степень усвоения содержания дисциплины и способность к практическому применению в конкретном научном исследовании (о чем можно судить по представленным презентации и реферату).

**Автор:** к.ф.-м.н., доцент Фаддеев М.А.