

Программа
краткосрочного повышения квалификации преподавателей и научных
работников высшей школы по направлению
«Методы диагностики и исследования наноструктур»
на базе учебного курса
«Спектроскопия околопороговой структуры рентгеновского спектра
поглощения и спектроскопия рентгеновского поглощения (XANES- и
XAFS-спектроскопии)»

Цель: изучение физических принципов спектроскопии околопороговой структуры рентгеновского спектра поглощения и спектроскопии рентгеновского поглощения (XANES- и XAFS-спектроскопии)

Категория слушателей: преподаватели и научные работники высшей школы

Срок обучения: 36 часов

Форма обучения: с частичным отрывом от работы

Режим занятий: 6 часов в день

Целью изучения курса является изучение физических основ методов XANES- и XAFS-спектроскопии и их применения для исследования наноструктур

Требования к уровню освоения учебного курса

Преподаватели должны:

- Знать:
 - область применения XANES- и XAFS-спектроскопии
 - физические принципы методики XANES- и XAFS-спектроскопии

- устройство оборудования для проведения исследований методами XANES- и XAFS-спектроскопии;
- структуру спектров XANES- и XAFS-спектроскопии
- Иметь навыки:
 - сбора, систематизации и анализа научно-технической и другой профессиональной информации в области применения XANES- и XAFS-спектроскопии;
 - включать приобретенные знания о XANES- и XAFS-спектроскопии в уже имеющуюся систему знаний и применять эти знания в самостоятельных методических разработках;
 - переносить полученных знания о XANES- и XAFS-спектроскопии на смежные предметные области и к использованию этих знаний для построения междисциплинарных методических разработок.
- Иметь представление:
 - о методике XANES- и XAFS-спектроскопии;
 - о процедуре получения спектров с помощью XANES- и XAFS-спектроскопии;
 - о методиках обработки спектров XANES- и XAFS-спектроскопии

Научные работники должны:

- 1. Знать:
 - область применения XANES- и XAFS-спектроскопии;
 - физические принципы XANES- и XAFS-спектроскопии;
 - устройство оборудования для проведения исследований методом XANES- и XAFS-спектроскопии;
- Иметь навыки:
 - сбора, систематизации и анализа научно-технической и другой профессиональной информации в области применения XANES- и XAFS-спектроскопии;

- включать приобретенные знания о XANES- и XAFS-спектроскопии в уже имеющуюся систему знаний и применять эти знания в самостоятельных методических разработках;
 - переносить полученных знания о XANES- и XAFS-спектроскопии на смежные предметные области и к использованию этих знаний для построения междисциплинарных методических разработок.
- Иметь представление:
 - о методике XANES- и XAFS-спектроскопии;
 - о процедуре получения спектров с помощью XANES- и XAFS-спектроскопии;
 - о методиках обработки спектров XANES- и XAFS-спектроскопии

Учебный курс «Спектроскопия околопороговой структуры рентгеновского спектра поглощения и спектроскопия рентгеновского поглощения (XANES- и XAFS-спектроскопии)» состоит из дистанционной и очной частей.

Дистанционная часть учебного образовательного курса обеспечивает слушателя необходимым объёмом знаний по выбранной тематике. Задача дистанционной составляющей учебного курса – подготовить слушателя к очному посещению лаборатории в Московском инженерно-физическом институте.

В дистанционной (теоретической) части учебного курса изложены физические основы метода Спектроскопия околопороговой структуры рентгеновского спектра поглощения и спектроскопия рентгеновского поглощения (XANES- и XAFS-спектроскопии)». Теоретическая часть учебного курса состоит из шести лекций:

Лекция 1. Введение.

Анализ XANES – спектров, метод валентного стандарта.

Лекция 2. Анализ XANES-спектров.

Метод аналитических функций. Метод валентного стандарта FEFF.

Лекция 3. Применение XAFS- спектроскопии для исследования наноструктур.

Исследование локальной структуры нанокристаллических порошков ZrO_2

Лекция 4. Применение XAFS- спектроскопии для исследования наноструктур.

EXAFS-исследования квазикристаллов на основе циркония.

Лекция 5. Применение XAFS- спектроскопии для исследования наноструктур.

Локальная структура наноразмерных порошков тугоплавких нитридов, применяемых для повышения критического тока высокотемпературных сверхпроводников.

Лекция 6. Применение XAFS- спектроскопии для исследования наноструктур.

Особенности локальной структуры нанопорошков $Du_{2+x}Hf_{2-x}O_{7-x/2}$

Очная (экспериментальная) часть учебного курса заключается в ознакомлении с экспериментальной XANES- и XAFS-станцией и программой обработки XANES- и XAFS-спектров. Обзорные спектры. Методики обработки XANES- и XAFS-спектров

1. Ознакомление с экспериментальной XANES- и XAFS-станцией. Установить и научиться работать с программой расчета спектров рентгеновского поглощения FEFF.

2. Обработка XANES- и XAFS -спектров.

Методические рекомендации по реализации учебной программы

На дистанционную и очную части учебного курса отводится по 18 часов соответственно. Полное содержание лекций в электронной дистанционной части учебного курса находится на сайте www.nanoobr.ru. Для контроля степени освоения теоретической части учебного курса (лекций) используются **тестовые вопросы** для самопроверки и **контрольные вопросы**.

Тестовые вопросы к курсу

«Спектроскопия околопороговой структуры рентгеновского спектра поглощения и спектроскопия рентгеновского поглощения (XANES- и XAFS-спектроскопии)»

Лекция 1: Введение.

1. Благодаря чему спектры поглощения в редкоземельных элементах L_{III} характеризуются ярко выраженной околокраевой особенностью, белой линией?

А) Благодаря низкой плотности свободных 5d состояний

Б) Благодаря высокой плотности свободных 5d состояний

В) Благодаря высокой вероятности квадрупольных переходов.

Ответ:

2. Почему к разрешающей способности экспериментальных установок, используемых для получения спектров XANES предъявляются более

высокие требования, чем для EXAFS – исследований?

- А) Детали EXAFS – спектров имеют значительно большую ширину. Б) Детали EXAFS – спектров имеют значительно меньшую ширину.

Ответ:

Лекция 2: Анализ XANES-спектров.

1. В твердом теле белая линия для L_{III} – спектров редкоземельных элементов составляет

- А) 1-4эВ Б) 6-10эВ
В) 12-20 эВ

Ответ:

2. Параметры ширины и амплитуды белой линии содержат информацию о:

- А) локальных свойствах 5d-валентных орбиталей. Б) структуре материала
В) электронных свойствах материала.

Ответ:

Лекция 3: Применение XAFS- спектроскопии для исследования наноструктур.

1. EXAFS – спектроскопия

- А) чувствительна к изменениям Б) позволяет определять параметры

размеров наночастиц в области менее 15 нм локального окружения атомов только в аморфной фазе

В) позволяет определять параметры локального окружения атомов как в аморфной так и в кристаллической фазе.

Ответ:

2. Каким образом в формуле (1) учитывается влияние многоэлектронных элементов?

А) масштабным множителем S_0^2 Б) Координационным числом N_n

В) фактором Дебая-Валлера

Ответ:

Лекция 4. Применение XAFS- спектроскопии для исследования наноструктур.

1. Формирование икосаэдрического кластера сопровождается

А) уменьшением размера первых координационных сфер Zr по сравнению с кристаллом Б) увеличение размера первых координационных сфер

В) уменьшением размера первых координационных сфер и увеличением размера вторых координационных сфер

Ответ:

2. С помощью EXAFS-спектроскопии можно определить

А) характер перестроек атомов Б) морфологию бинарных сплавов бинарных сплавов $Zr_{70}Pd_{30}$, $Zr_{80}Pt_{20}$, $Zr_{70}Pd_{30}$, $Zr_{80}Pt_{20}$, $Zr_{70}Be_{30}$
 $Zr_{70}Be_{30}$

В) Каталитическую активность бинарных сплавов $Zr_{70}Pd_{30}$, $Zr_{80}Pt_{20}$,
 $Zr_{70}Be_{30}$

Ответ:

Лекция 5. Применение XAFS- спектроскопии для исследования наноструктур.

1. EXAFS-функция

А) пропорциональна R_n^{-2} (средний радиус n-й координационной сферы) Б) обратно пропорционально R_n^{-2}

В) пропорциональна N_n^{-2} (координационное число)

Ответ:

2. О чем может свидетельствовать уменьшение амплитуд максимумов, соответствующих координационным сферам окружения циркония?

А) о росте разупорядочения

Б) влияние примесей

локальной структуры

В) влияние внешних эффектов

Ответ:

Лекция 6. Применение XAFS- спектроскопии для исследования наноструктур.

1. К чему приводит отжиг $Du_2Hf_2O_7$ при 600С в течении 3 часов?

А) К началу кристаллизации

Б) к плавлению

В) к испарению

Ответ:

2. К чему приводит уменьшение размеров кристаллов до 100нм и менее?

А) к существенному изменению физико-химических свойств

Б) невозможности исследования образцов методами EXAFS

В) ни к чему не приводит

Ответ:

Контрольные вопросы для проверки материала в количестве 8 вопросов

1. В чем заключается метод валетного стандарта?

2. В чем различие между методами XANES и EXAFS?

3. Что из себя представляет метод аналитических функций?

4. В чем заключается метод валентного стандарта FEFF?

5. Рассмотрите особенности исследования локальной структуры нанокристаллических порошков ZrO_2 с помощью XAFS-спектроскопии.
6. Опишите особенность EXAFS – исследования квазикристаллов на основе циркония.
7. Рассмотрите особенности исследования локальной структуры нитрида циркония с помощью EXAFS.
8. Рассмотрите вкратце Особенности локальной структуры нанопорошков $Dy_{2+x}Hf_{2-x}O_{7-x/2}$.

В конце очной части учебного курса слушатели готовят отчеты по **темам контрольных рефератов**, которые используются для контроля степени усвоения всего учебного курса с применением знаний из дистанционной части курса.

Темы контрольных рефератов по курсу

«Спектроскопия околопороговой структуры рентгеновского спектра поглощения и спектроскопия рентгеновского поглощения (XANES- и XAFS-спектроскопии)»

1. История развития методов XANES- и XAFS-спектроскопии и их физические принципы.
2. Методика обработки XANES- и XAFS-спектров.
3. Применение XAFS- спектроскопии для исследования наноструктур.

Учебно-тематический план

№	Название учебного курса	Всего часов	в том числе (указать часы)			Форма контроля
			Дистанционные лекции	Самостоятельная работа.	Очный практикум	

лекций		(самостоятельное изучение, дистанционное общение с преподавателем, вопросы-ответы через email, форум, чат и др.)	Подготовка ответов на контрольные вопросы	или другое практическое задание	
<u>«Оже-электронная спектроскопия»</u>	36 ч.	14 ч.	4 ч.	18 ч.	Контрольные вопросы (электронная зачётка) Реферат
1. Лекция 1: Введение		2.5 ч.	0,5 ч.		
2. Лекция 2: Анализ XANES-спектров		2.5 ч.	0,5 ч.		
3. Лекция 3: Применение XAFS-спектроскопии для исследования наноструктур		2.5 ч.	0,5 ч.		
4. Лекция 4:		2.5 ч.	0,5 ч.		

Приминение XAFS-спектроскопи и для исследования наноструктур .					
5. Лекция 5: Приминение XAFS-спектроскопи и для исследования наноструктур .		2.5 ч.	0,5 ч.		
6. Лекция 6: Приминение XAFS-спектроскопи и для исследования наноструктур .		2.5 ч.	0,5 ч.		
Итоговый контроль			Контрольные вопросы (электронная зачётка)	Реферат	

**Список литературы (основной и дополнительной),
а также других видов учебно-методологических материалов и пособий,
необходимых для изучения (конспектов лекций, видеолекций, лазерных
дисков и др.).**

**Список литературы
и др. дополнительных источников информации в кол-ве – 3.**

1. Методы анализа поверхности, под ред. А. Зандерны, - М.: Мир, 1979.
2. Д. Вудраф, Т. Делчар, Современные методы исследования поверхности, - М.: Мир, 1989.
3. В.Д. Борман, А.П. Менушенков, М.А. Пушкин, В.И. Троян В.Н. Тронин, Физические основы методов исследования электронных свойств и локальной структуры функциональных наноматериалов для энергетики, - Москва, 2009.

**Полное содержание лекций в электронной дистанционной части
учебного курса на сайте www.nanoobr.ru**