

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

Цель: изучение физических принципов спектроскопии протяженной тонкой структуры рентгеновского спектра поглощения (EXAFS-спектроскопия)

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 состоит в изучении физических основ метода EXAFS-спектроскопии и методики обработки спектров. Задачи курса состоят в изучении основ Спектроскопии протяженной тонкой структуры рентгеновского спектра поглощения, изучении методик обработки EXAFS-спектров.

Требования к уровню освоения учебного курса

Преподаватели должны:

- Знать:
 - область применения спектроскопии протяженной тонкой структуры рентгеновского спектра поглощения (EXAFS-спектроскопии);
 - физические принципы методики EXAFS-спектроскопии;

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

Научные работники должны:

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

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

Учебный курс «Спектроскопия протяженной тонкой структуры рентгеновского спектра поглощения (EXAFS-спектроскопия)» состоит из дистанционной и очной частей.

Дистанционная часть учебного образовательного курса обеспечивает слушателя необходимым объемом 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 протяженной тонкой структуры рентгеновского спектра поглощения (EXAFS-спектроскопия). Теоретическая часть учебного курса состоит из семи лекций:

Лекция 1. Введение.

Введение. Общие принципы. Основные преимущества.

Лекция 2. Физические основы EXAFS-спектроскопии

Рассмотрены физические основы EXAFS-спектроскопии.

Лекция 3. Экспериментальная EXAFS-станция.

Рассмотрена аппаратура экспериментальной EXAFS-станции

Лекция 4. Методики обработки EXAFS-спектров.

Методики обработки EXAFS-спектров: выделение $\chi(k)$

Лекция 5. Метод обработки EXAFS-спектров.

Методики обработки EXAFS-спектров: фурье-анализ

Лекция 6. Метод обработки EXAFS-спектров.

Методики обработки EXAFS-спектров: моделирование EXAFS-функции

Лекция 7. Погрешности в методике EXAFS.

Обзор погрешностей в методике EXAFS.

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

1. Ознакомление с экспериментальной EXAFS-станцией. Установить и научиться работать с программой просмотра и обработки спектров на примере выданного файла спектра. Научиться определять положение энергии края поглощения E_0 .
2. Обработка EXAFS-спектров. Получение EXAFS-функции. Расчет погрешностей.

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 протяженной тонкой структуры рентгеновского спектра поглощения (EXAFS-спектроскопия)»

Лекция 1: Введение.

1. EXAFS занимает энергетический интервал:

А) от 50 до 1500 эВ за краем
поглощения

Б) до 50 эВ выше края поглощения

В) от 5 до 500 эВ выше края
поглощения

Ответ

2. EXAFS-спектроскопия основана на

А) однократном рассеянии
фотоэлектронной волны от атомов
ближайшего окружения

Б) многократном рассеянии
фотоэлектронной волны от атомов
ближайшего окружения

В) как многократном, так и на
однократном рассеянии
фотоэлектронной волны от атомов
ближайшего окружения

Ответ:

Лекция 2: Физические основы EXAFS-спектроскопии.

1. В формировании EXAFS-функции принимают участие атомы, расположенные на расстоянии

А) 6-8А

Б) 2-6А

В) 8-16А

Ответ:

2. Осцилляции EXAFS-функции представляют собой

А) синусоидальную функцию с

Б) синусоидальную функцию с

периодом π/R_j (R_j – расстояние до j -го атома)

периодом $2\pi/R_j$

В) синусоидальную функцию с

периодом $1/2\pi/R_j$

Ответ:

Лекция 3: Экспериментальная EXAFS – станция.

1. Фокусирующее тороидальное зеркало собирает примерно 30% рассеянного

излучений по вертикали и 4 мрад по горизонтали.

А) Верно

Б) Неверно.

Ответ:

2 Для более эффективного использования рентгеновского излучения плоское зеркало покрыто тремя полосками (Ag, Pt, C), имеющими максимум отражающей способности в разных частях спектра

А) Верно

Б) Неверно

Ответ:

Лекция 4. Методики обработки EXAFS-спектров.

1. Величину E_0 определяют из экспериментального спектра по положению половины величины скачка поглощения

А) Верно

Б) Неверно

Ответ:

2. Коэффициент поглощения определяется как

А) $\mu(E) = \ln(I_t/I_0)$

Б) $\mu(E) = \ln((I_t - I_0)/(I_0 - I_t))$

В) $\mu(E) = \ln(I_0/I_t)$

Ответ:

Лекция 5. Методики обработки EXAFS-спектров.

1. При больших k амплитуда EXAFS осцилляций мала.

А) верно

Б) неверно

Ответ:

2. EXAFS – функция является набором промодулированных синусоид

А) Верно

Б) Неверно

Ответ:

Лекция 6. Методики обработки EXAFS-спектров.

1. Фурье – образ сигнала является непосредственно функцией радиального распределения атомов

А) верно

Б) неверно

Ответ:

2. Критерий Фишера позволяет выбрать модель с минимальным количеством параметров, которая удовлетворяет экспериментальным данным.

А) Верно

Б) Неверно

Ответ:

Лекция 7. Погрешности в методике EXAFS.

1. Для достаточно протяженных спектров ($K > 16A$) точность определения

межатомных расстояний составляет порядка

А) 0.01А

Б) 0.1А

В) 0.0001А

Ответ:

2. При значении максимальной величины волнового вектора фотоэлектрона $k_{\max} = 8 \text{ 1/\AA}$ возможность пространственного разрешения ближайших сфер составляет порядка

А) 0.2А

Б) 0.01А

В) 0.1А

Ответ:

**Контрольные вопросы для проверки материала в количестве 11
вопросов**

1. Перечислите основные преимущества XAFS-спектроскопии.
2. Какие исследования можно проводить с помощью методов рентгеновской спектроскопии поглощения?
3. Почему в теории EXAFS можно пренебречь эффектами многократного рассеяния?
4. Какие предположения делаются при получении выражения (8)?
5. Поясните устройство и работу EXAFS –станции.
6. Каковы методы определения $\mu_0(k)$?
7. В чем состоит проблема гличей?
8. Для чего необходима весовая(оконная) функция $W(k)$?

9. Как решается проблема выбора минимального числа компонентов, описывающих сигнал?
10. Что является результатом моделирования $\chi(k)$?
11. С чем связаны погрешности в методике EXAFS?

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 протяженной тонкой структуры рентгеновского спектра поглощения (EXAFS-спектроскопия)»

1. История развития метода EXAFS-спектроскопия и его физические принципы.
2. Методика обработки EXAFS-спектров.
3. Аппаратура экспериментальной EXAFS-станции.

Учебно-тематический план

№	Название учебного курса, и лекций	Всего час.	в том числе (указать часы)			Форма контроля
			Дистанционные лекции (самостоятельное изучение, дистанционное общение с преподавателем)	Самостоятельная работа. Подготовка ответов на контрольные вопросы	Очный практикум или другое практическое задание	

			м, вопросы-ответы через email, форум, чат и др.)			
	«Оже-электронная спектроскопия»	36 ч.	14 ч.	4 ч.	18 ч.	Контрольные вопросы (электронная зачётка) Реферат
1.	Лекция 1: Введение		2 ч.	0,5 ч.		
2.	Лекция 2: Физические основы EXAFS-спектроскопии		2 ч.	0,5 ч.		
3.	Лекция 3: Экспериментальная EXAFS-станция.		2 ч.	0,6 ч.		
4.	Лекция 4: Методики обработки EXAFS-спектров. Часть 1		2 ч.	0,6 ч.		
5.	Лекция 5: Метод обработки EXAFS-спектров. Часть 2		2 ч.	0,6 ч.		

6.	Лекция 6: Метод обработки EXAFS-спектров. Часть 3		2 ч.	0,6 ч.	
7.	Лекция 7: Погрешности в методике EXAFS.		2 ч.	0,6 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**