

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ БИОМЕДИЦИНЫ

КАФЕДРА МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИФИБ

Протокол № 3.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

СИНХРОТРОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.04.02 Физика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
1	2	72	32	16	0		24	0	3
Итого	2	72	32	16	0	0	24	0	

АННОТАЦИЯ

Настоящий курс вводится с целью ознакомления студентов, специализирующихся в области медицинской физики, с возможностями использования синхротронного излучения (СИ) для исследования в различных областях науки и техники, включая биофизику и медицину. В курсе обсуждены важнейшие свойства синхротронного излучения, дан обзор развития современных источников СИ в мире и в России, приведены данные о действующих и проектируемых станциях Курчатовского источника синхротронного излучения, включая биофизические и медицинские станции. Рассмотрены различные экспериментальные методики исследования наноматериалов и биофизических объектов с использованием СИ. Дано подробное описание наиболее информативных методов в области биофизики и медицины: малоуглового рассеяния, аномальной рентгеновской дифракции, рефракционной интроскопии, маммографии, денситометрии, ангиографии и микролучевой терапии, а также методов исследования конденсированных сред и наноструктур: спектроскопии рентгеновского излучения (XAFS- спектроскопии), резонансного неупругого рентгеновского рассеяния (RIXS), рентгеновского магнитного кругового дихроизма (XMCD) и фотоэлектронной спектроскопии.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины «Синхротронное излучение в биологии и медицине» является ознакомление студентов с методами исследования биофизических объектов, конденсированных сред и наноструктур с использованием синхротронного излучения, а также применения синхротронного излучения в медицинских целях.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Синхротронное излучение в биологии и медицине» является необходимой частью знаний медицинского физика в области использования современных технологий и методов исследования, таких как спектроскопия при помощи синхротронного излучения, для анализа структуры вещества и возможностей использования данной методики в медицине и биологии.

Для успешного освоения дисциплины необходимы знания общей и теоретической физики, основ биологии и биохимии.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции;	Код и наименование индикатора достижения профессиональной
--	---------------------------	--	---

		Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	компетенции
проектный			
Применение результатов научных исследований в инновационной деятельности, участие в формулировке новых задач и разработке новых методических подходов в научно-инновационных исследованиях, разработка проектной документации	Результаты научной деятельности	ПК-2 [1] - Способен принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	3-ПК-2[1] - знать современные направления исследований в своей профессиональной области ; У-ПК-2[1] - уметь анализировать и выявлять перспективные направления в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности ; В-ПК-2[1] - владеть современными методиками и подходами в решении научноинновационных и инженернотехнологических задач в профессиональной сфере

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>1 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	16/8/0		25	КИ-8	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2
2	Второй раздел	9-16	16/8/0		25	КИ-16	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		32/16/0		50		
	Контрольные мероприятия за 1 Семестр				50	3	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>1 Семестр</i>	32	16	0
1-8	Первый раздел	16	8	0
1	Тема 1. Определение синхротронного излучения (СИ). Основные свойства СИ. Малая расходимость. Высокая яркость. Высокая интенсивность. Когерентность СИ. Временная структура СИ. Динамика электрона, движущегося в накопительном кольце. Эмиттанс источников СИ. Обзор методов исследований с использованием синхротронного излучения.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Тема 2. Спектральные диапазоны электромагнитного излучения, получаемого в синхротронных центрах. Основные свойства рентгеновского излучения. Источники рентгеновского излучения. Свойства тормозного и характеристического излучения рентгеновских трубок. Волновые свойства рентгеновских лучей: преломление и отражение. Корпускулярные свойства рентгеновских лучей: упругое и неупругое рассеяние. Томсоновское – рассеяние на покоящемся электроны. Рэлеевское – рассеяние на атомах и молекулах. Неупругое комптоновское рассеяние. Обратный комптон-эффект. Поглощение рентгеновских лучей. Полное сечение поглощения. Типичные примеры спектров поглощения. Схемы возбуждения электронных оболочек атомов. Источники синхротронного излучения. Бетатроны, циклотроны, синхротроны. Синхротроны первого, второго и третьего поколений. Элементы устройства синхротрона. Курчатовский источник синхротронного излучения – КИСИ. Устройство накопительных колец «Сибирь-1» и «Сибирь-2». Описание экспериментальных станции КИСИ.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Тема 3. Основные свойства релятивистских и ультра релятивистских электронов. Понятие релятивистского лоренц-фактора. Параметры накопительного кольца и характеристики синхротронного излучения. Определение критической длиной волны и критической энергии. Основные свойства СИ. Мощность СИ. Спектрально-угловое распределение мощности. Формула Шота.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0

	Поляризационные свойства СИ. Когерентность СИ. Временная структура СИ. Принципы и методы фокусировки рентгеновского излучения. Зеркала скользящего падения. Брегг-френелевские линзы. Композитные рефракционные линзы. Поликапиллярная оптика. Рентгеновские зеркала с алмазным покрытием. Фокусировка на изогнутых кристаллах.			
4	Тема 4. Европейские синхротроны 3-го поколения. Синхротрон APS (Advanced Photon Source) (Чикаго, США). Синхротронный центр Spring-8 (Япония). Эмиттанс источников СИ. Способы повышения энергии и яркости источников СИ. Специализированные магнитные устройства – шифтеры, ондуляторы и вигглеры. Форма излучения из поворотного магнита, вигглера и ондулятора. Свойства ондуляторного излучения. Угловое распределение ондуляторного излучения. Спектральный состав ондуляторного излучения. Спонтанное и/или когерентное излучение ондуляторов. Микробанчи. Детекторы рентгеновского излучения. Основные характеристики рентгеновских детекторов. Ионизационные детекторы. Полупроводниковые детекторы. Полупроводниковый флуоресцентный детектор. Сцинтилляционные детекторы. Координатные детекторы. Методы определения координат в координатно чувствительных детекторах. Телевизионные (CCD) детекторы. Координатные детекторы на pin-диодных матрицах. IP-детекторы (на пластинах с оптической памятью).	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	Тема 5. СИ в биологии и медицине. Рентгеновская белковая кристаллография. Аномальная рентгеновская дифракция в биологических объектах. Малоугловое рассеяние. Рефракционная интроскопия. Маммография. Денситометрия. Ангиография.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	Тема 6. СИ в биологии и медицине. Микрокомпьютерная томография. Микролучевая терапия. Рентгенофлуоресценция. Медицинские и биофизические станции Курчатовского источника синхротронного излучения. Преимущества синхротронного излучения.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	Тема 7. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Рассеяние и поглощение рентгеновского излучения. Рентгеновские методы диагностики и исследования наноструктур с использованием синхротронного излучения. Рентгеновская дифракция. Дифракционное рассеяние рентгеновских лучей на кристаллах представляет собой процесс интерференции пучков, отраженных различными плоскостями кристаллической решетки. Закон Брэгга-Вульфа. Рентгеновская эмиссия, аномальное рассеяние, резонансное неупругое рассеяние.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0

	Комбинированные явления неупругого и аномального рассеяния. Аномальная дифракция. Парная радиальная функция распределения (PDF). Парные радиальные функции распределения (PDF) сложных оксидов $\text{Ln}_2\text{O}_3\text{-MO}_2$			
8	Тема 8. Рентгеновская спектроскопия поглощения - XAFS – спектроскопия (X-ray Absorption Fine Structure). Основные преимущества XAFS-спектроскопии. Две области XAFS-спектроскопии: околопороговая структура рентгеновского спектра поглощения – XANES (X-Ray Absorption Near Edge Structure) и протяженная тонкая структура рентгеновского спектра поглощения – EXAFS (Extended X-Ray Absorption Fine Structure). История развития метода.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Второй раздел	16	8	0
9	Тема 9. Физические основы EXAFS- спектроскопии. Вид экспериментально определяемого коэффициента поглощения рентгеновского излучения. Понятие коэффициента поглощения «свободного атома». Физические причины возникновения осциллирующей структуры коэффициента поглощения. Теория EXAFS. Определение EXAFS- функции. Типы представлений EXAFS- функции. Последовательность шагов при извлечении EXAFS- функции из экспериментального спектра. Амплитуда и фаза обратного рассеяния фотоэлектронов, зависимость от волнового вектора. Фактор Дебая-Валлера в EXAFS- спектроскопии. Методы моделирования EXAFS- функции. Извлекаемые из EXAFS- спектров параметры локальной атомной структуры.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	Тема 10. EXAFS – спектроскопия высокотемпературных сверхпроводников. Локальные зарядовые и структурные неоднородности в CuO_2 плоскости ВТСП. Моделирование $\chi(k)$ в g - пространстве с помощью модельного потенциала $U(r)$. Схема взаимосвязи локальной электронной и локальной кристаллической структур в ВТСП. Двухъямный потенциал колебаний иона кислорода в CuO_2 плоскости купратных ВТСП. Критерии выбора модели для описания EXAFS- спектров. Новый метод анализа EXAFS спектров-вэйвлет анализ. Достижения XAFS- спектроскопии при исследовании локальной структуры нанокластеров, нанотрубок и других наносистем.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	Тема 11. Физические основы XANES – спектроскопии - околокраевой тонкой структуры рентгеновских спектров поглощения. Электронные уровни атом и их изменение при образовании химических связей. Электронные уровни молекул. Молекулярные орбитали. Источники информации в XANES спектрах: высота предпика - координационный полиэдр, степень окисления (число	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0

	<p>вакансий); абсолютное положение основного края - степень окисления (электро-статический потенциал на ядре); высота пика на основном крае поглощения - координационное число (примешивание орбиталей лигандов). Программы обработки XANES – спектров. XANES – спектроскопия в биофизике. XANES – спектроскопия медных координационных соединений. XANES – спектроскопия углерода. XANES – спектроскопия органических соединений. XANES – спектроскопия квазикристаллов. XANES – спектроскопия свободных нанокластеров меди. XANES – спектроскопия каталитически активных нанокластеров золота. XANES – спектроскопия каталитических комплексов на основе рутения. XANES спектроскопия промежуточновалентных соединений редкоземельных элементов. XANES – методика измерения валентного состояния редкоземельных элементов. L3-XANES спектроскопия промежуточновалентных соединений редкоземельных элементов с различными типами магнитного упорядочения.</p>			
12	<p>Тема 12. Возможные режимы регистрации данных рентгеновской спектроскопии. Основные режимы: на пропускание; по выходу флуоресценции. Дополнительные режимы: по выходу электронов; по рентгеновскому отражению; по выходу ионов (PSID); по выходу оптической люминесценции (XEOL); по изменению электропроводности (для полупроводников); по изменению интенсивности дифракционных линий (аномальная дисперсия). Принципиальная схема дисперсионного EXAFS- спектрометра. Достижения XAFS- спектроскопии при исследовании локальной структуры нанокластеров, нанотрубок и других наносистем. Рентгеновская резонансная дифракция (RXS). Дифракционная аномальная тонкая структура (DAFS). Дифракционная аномальная спектроскопия вблизи края поглощения (DANES).</p>	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	<p>Тема 13. Резонансное неупругое рентгеновское рассеяние (RIXS). Двухмерные карты RIXS. Флуоресцентные спектры поглощения высокого энергетического разрешения HERFD. Оценка валентности редкоземельных ионов по данным RIXS. Рентгеновский магнитный круговой дихроизм (XMCD). Разделение орбитального и спинового вкладов. Магнитный круговой дихроизм в ферромагнетиках. Магнитный круговой дихроизм в ферромагнетиках. Магнитный круговой дихроизм в антиферромагнетиках. Магнитный круговой и линейный дихроизм – зависимость от поляризации СИ. Эксперименты с временным разрешением (pump-probe).</p>	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0

	Эксперименты с фемтосекундным разрешением. Химические реакции с фемтосекундным разрешением. Магнитный рентгеновский круговой дихроизм с временным разрешением. XAFS- исследования с временным разрешением.			
14	Тема 14. Физические принципы фотоэлектронной спектроскопии. Процесс фотоэмиссии. Уравнение фотоэффекта. Способы извлечения количественной информации об энергиях связи различных уровней в в результате измерения кинетической энергии вышедшего из образца фотоэлектрона. Рентгеновские и спектроскопические обозначения электронных уровней. Спин-орбитальное расщепление. Принципиальные схемы фотоэлектронных спектрометров. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (XPS). Ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия (UPS). Способы применения ФЭС для анализа поверхности и пленок. Определение толщины тонких пленок и наличие в них пор. Измерение толщины сверхтонких плёнок методом РФЭС. Использование РФЭС в нанoeлектронике. Исследования методом высокоэнергетической РФЭС. Оже-спектроскопия. Фотоэлектронная спектромикроскопия. Фотоэлектронная спектроскопия с угловым разрешением (ARPES). Принципиальная схема установки ARPES. ARPES квазикристаллов. ARPES – высокотемпературных сверхпроводников. Инверсионная фотоэмиссионная спектроскопия (IPES). Достижения фотоэлектронной спектроскопии при исследовании электронной структуры нанокластеров, нанотрубок и других наносистем.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	Тема 15. Свойства терагерцового излучения. Терагерцовые лазеры на свободных электронах. Использование излучения терагерцового лазера: физика твердого тела, спектроскопия, химия, биология и медицина, визуализация, системы безопасности, микроэлектроника, оптика атмосферы, связь, промышленные применения, терагерцовая томография. Использование излучения терагерцового лазера для абляции. Терагерцовый лазер в химии и биологии: многофотонная диссоциация молекул; инициирование химических реакций; определение масс биологических нанообъектов методом субмиллиметровой лазерной абляции.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
16	Тема 16. Рентгеновские лазеры на свободных электронах.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс

ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Курс «Синхротронное излучение в биологии и медицине» представляет собой набор лекций и практических занятий, направленных на ознакомление студентов с основными свойствами, источниками и областями применения синхротронного излучения. Большая часть времени отведена на самостоятельную работу студентов. Она заключается в изучении литературы, закреплении пройденного материала и написании рефератов. На занятиях происходит обсуждение пройденных или изученных студентами самостоятельно тем и написанных рефератов.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-2	З-ПК-2	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-2	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-2	З, КИ-8, КИ-16

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически

			стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	В	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		С	
70-74		Д	
65-69	3 – «удовлетворительно»	Е	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	Ф	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ П 12 Основы физики рентгеновского излучения : учебное пособие, Павлинский Г. В., Москва: Физматлит, 2007
2. ЭИ Ф 45 Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ : учебное пособие, Фетисов Г. В., Москва: Физматлит, 2007

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 537 И46 Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом : Учеб. пособие для вузов, Келдыш Л.В., Ильинский Ю.А., М.: МГУ, 1989
2. ЭИ А 16 Нанотехнологии. Азбука для всех : учебное пособие, Авдошенко Н. С., Баранов А. Н., Абрамчук Н. С., Москва: Физматлит, 2009
3. 537 Т35 Синхротронное излучение и его применение : Учеб. пособие для вузов, Халилов В.Р., Тернов И.М., Михайлин В.В., М.: МГУ, 1985

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Темы для самостоятельной работы студентов

«Синхротронное излучение в биологии и медицине»

Тема 1. Свойства синхротронного излучения.

Прочитать Главы 1,2, Книги Г.В.Фетисов. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ (под редакцией Л.А.Асланова), Издательство М.: Физматлит - 2007 - 672 с.

Изучить статью И.М. Тернов, Синхротронное излучение, УФН, 1995, т.165, стр.429.

Тема 2. Курчатовский источник синхротронного излучения – КИСИ.

Изучить CD-диск с описанием рабочих станций курчатовского центра синхротронных исследований и нанотехнологий (представляется лектором).

Тема 3. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом.

Прочитать Главу 4, Книги Г.В.Фетисов. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ (под редакцией Л.А.Асланова), Издательство М.: Физматлит - 2007 - 672 с.

Изучить разделы 4,5,6 книги А.А.Соколов, И.М.Тернов Синхротронное излучение. -М.: Наука, 1966.-228с.

Тема 4. Рентгеновская спектроскопия поглощения - XAFS – спектроскопия (X-ray Absorption Fine Structure).

Изучить главы 1-3 книги Д.И. Кочубей, К.И. Замираев, Р.В. Ведринский, В.Л. Крайзман, Г.Н. Кулипанов, Л.Н. Мазалов, А.Н. Скринский, В.К. Федоров, Б.Ю. Хельмер, А.Т. Шуваев, Ю.А. Бабанов Рентгеноспектральный метод изучения аморфных тел. EXAFS-спектроскопия. Новосибирск, 1988.

Прочитать статьи: В.Л.Аксенов, С.И.Тютюнников, А.Ю.Кузьмин, Ю.Пуранс “EXAFS-спектроскопия на пучках синхротронного излучения”. Физика элементарных частиц и атомного ядра Т.32, в.6, с.1299-1357 (2001), И.Б.Боровский, Р.В.Ведринский, В.Л.Крайзман, В.П.Сиченко “EXAFS- спектроскопия – новый метод структурных исследований” УФН, 149, в.2, 1986, стр. 275-320.; А.В.Солдатов “ От спектроскопии EXAFS к спектроскопии XANES; новые возможности исследования материи” Соросовский образовательный журнал, № 12, 1998

стр. 101-104.; H.Funke, A.C.Seheinost, M.Chukalina “Wavelet analysis of extended x-ray absorption fine structure data” Phys.Rev. B 71, 2005, 094110-7.; J.J.Rehr, A.L.Ankudinov “Progress in the theory and interpretation of XANES” Coordination Chemistry Reviews 249, 2005, 131-140. (статьи предоставляются лектором в электронном виде).

Тема 5. Фотоэлектронная спектроскопия.

Изучить главы 1-4 книги Трапезников В.А., Шабанова И.Н. Рентгеноэлектронная спектроскопия сверхтонких поверхностных слоев конденсированных систем. – М.: Наука, 1988.

Изучить главы 3-6 книги Нефедов В.И. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия химических соединений. – М.: Химия, 1984.

Прочитать статьи раздела 4 сборника статей: Surface Analysis by Auger and X-ray Photoelectron Spectroscopy, Ed. By D. Briggs and J.T. Grant, IM Publications, Chichester, UK, 2003.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Аудиторная часть дисциплины «Синхротронное излучение в биологии и медицине» включает в себя лекции и практические занятия, в ходе которых преподаватель обеспечивает студентов необходимой информацией и требуемыми навыками по темам, отвечает на возникающие вопросы и помогает им усвоить материал. Для самостоятельной работы студентов преподаватель рекомендует литературу, дополняющую информацию, полученную студентами во время аудиторных занятий и углубляющую их знания по пройденным темам.

Оценка приобретенных знаний и навыков производится во время рубежной аттестации в середине и в конце семестра, а также во время итоговой аттестации по курсу. Максимальное количество баллов, выставляемых студентам, составляет 25 баллов для рубежной аттестации в середине семестра, 25 баллов для рубежной аттестации в конце семестра, 50 баллов для итоговой аттестации. Таким образом, максимальное общее количество баллов составляет 100.

Автор(ы):

Менушенков Алексей Павлович, д.ф.-м.н.,
профессор