

ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, СПИНТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ
КАФЕДРА МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 2

от 26.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.03.01 Прикладные математика и 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, экс./зач./КР/КП
6	2	72	15	15	0		42	0	3
Итого	2	72	15	15	0	10	42	0	

АННОТАЦИЯ

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- ознакомление с физическими методами анализа поверхности и наноструктур их возможностями;
- усвоение принципов, лежащих в основе физических методов рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, оже-электронной спектроскопии, спектроскопии рассеяния медленных ионов, сканирующей зондовой микроскопии и дифракции медленных электронов;
- ознакомление с методами и приборами для решения задач по исследованию поверхности;
- приобретение элементарных навыков решения практических задач.

В рамках курса рассматриваются следующие темы: Средства достижения СВВ. Адсорбция на поверхности. Степень заполнения. Экспозиция. Классификация методов исследования поверхности. Фотоэффект. Измерение энергии связи. Энергия связи электрона. Метод расчета. Энергия начального и конечного состояния. Релаксация. Ширина пиков. Форма линии. Интенсивность. Вторичная структура спектров в РФЭС. Плазмонные потери. Асимметрия пиков. Индекс сингулярности. Вторичная структура спектров в РФЭС. Сателлиты встряски и стряхивания. Спин-орбитальное расщепление уровней в РФЭС. Химический сдвиг РФЭС и оже-линий. Метод оже-параметра разделения вкладов эффекта начального и конечного состояний в сдвиг энергии связи. Экспериментальное наблюдение. Спектры валентных уровней и оже-серий в РФЭС. Эффект зарядки и способы его учета. Источник рентгеновского излучения. Типы анодов. Энергоанализаторы. Виды и характеристики. Физические основы. Кинематический фактор. Сечение рассеяния в СРМИ. Потенциалы межатомного взаимодействия. Нейтрализация ионов в спектроскопии рассеяния медленных ионов. Конус затенения. Спектроскопия рассеяния медленных ионов. Структурные эффекты. Спектроскопия рассеяния медленных ионов. Разрешение по массе. Физические основы. Туннелирование электрона. Туннельный ток. Топографический и спектроскопический режимы работы сканирующего туннельного микроскопа. Атомно-силовая микроскопия. Принцип действия. Условие дифракции. Сфера Эвальда. Дифракция медленных электронов. Общая схема установки.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- ознакомление с физическими методами анализа поверхности и наноструктур их возможностями;
- усвоение принципов, лежащих в основе физических методов рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, оже-электронной спектроскопии, спектроскопии рассеяния медленных ионов, сканирующей зондовой микроскопии и дифракции медленных электронов;
- ознакомление с методами и приборами для решения задач по исследованию поверхности;
- приобретение элементарных навыков решения практических задач.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Курс является основой формирования знания студентов по соответствующему направлению подготовки.

Учебная программа соответствует требованиям Государственного образовательного стандарта.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-2 [1] – Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	З-ОПК-2 [1] – Знать современные информационные технологии и программные средства для решения задач профессиональной деятельности У-ОПК-2 [1] – Уметь выбирать и использовать современные информационные технологии и программные средства для решения задач профессиональной деятельности В-ОПК-2 [1] – Владеть навыками применения современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-3 [1] – Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	З-ОПК-3 [1] – Знать современные средства представления результатов научно-технической деятельности, в том числе в форме отчетов, публикаций, презентаций, докладов. У-ОПК-3 [1] – Уметь использовать современные средства для представления результатов деятельности, составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты). В-ОПК-3 [1] – Владеть навыками представления результатов научно-технической деятельности с использованием современных средств, ориентируясь на потребности аудитории, в том числе в форме отчетов, публикаций.
ОПК-4 [1] – Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	З-ОПК-4 [1] – Знать принципы, методы и средства сбора и обработки научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач на основе информационной и библиографической культуры. У-ОПК-4 [1] – Уметь осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач с применением информационно-коммуникационных технологий. В-ОПК-4 [1] – Владеть навыками сбора, обработки и

анализа научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач

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; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
Участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации	Природные и социальные явления и процессы	<p>ПК-2 [1] - Способен выбирать и применять необходимое оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.044</p>	<p>З-ПК-2[1] - Знать современное оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области. ; У-ПК-2[1] - Уметь критически оценивать, выбирать оборудования, инструментов и методов исследований в избранной предметной области ; В-ПК-2[1] - Владеть навыками выбора и применения оборудования, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области.</p>
Участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в	Природные и социальные явления и процессы	<p>ПК-3 [1] - Способен применять численные методы решения дифференциальных и интегральных уравнений для различных физико-технических задач</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011,</p>	<p>З-ПК-3[1] - Знать численные методы решения дифференциальных и интегральных уравнений для различных физико-технических задач. ; У-ПК-3[1] - Уметь применять численные методы решения дифференциальных и</p>

предметной области по профилю специализации		40.044, 40.104	интегральных уравнений для различных физико-технических задач.; В-ПК-3[1] - Владеть навыками решения дифференциальных и интегральных уравнений численными методами для физико-технических задач.
Выбор методов и подходов к решению поставленной научной проблемы, формулировка математической модели явления, аналитические и численные расчеты	Модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально - экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса	ПК-4 [1] - Способен критически оценивать применяемые методики и методы исследования <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.044, 40.104	3-ПК-4[1] - Знать основные методики и методы исследования в сфере своей профессиональной деятельности ; У-ПК-4[1] - Уметь анализировать и критически оценивать применяемые методики и методы исследования.; В-ПК-4[1] - Владеть навыками выбора и критической оценки применяемых методик и методов исследования в сфере своей профессиональной деятельности
инновационный			
Проведение фундаментальных и прикладных математических и физических исследований, направленных на решение инженерных, технических и информационных задач	Природные и социальные явления и процессы	ПК-6 [1] - Способен к участию в разработке и реализации проектов по интеграции высшей школы, академической и отраслевой науки, промышленных организаций и предприятий малого и среднего бизнеса <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011, 40.034	3-ПК-6[1] - Знать основные принципы и возможности интеграции высшей школы, академической и отраслевой науки, промышленных организаций и предприятий малого и среднего бизнеса. ; У-ПК-6[1] - Уметь принимать участие в разработке и реализации проектов по интеграции высшей школы, академической и

			отраслевой науки, промышленных организаций и предприятий малого и среднего бизнеса. ; В-ПК-6[1] - Владеть навыками участия в разработке и реализации проектов по интеграции высшей школы, академической и отраслевой науки, промышленных организаций и предприятий
--	--	--	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17)	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение</p>

		и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для: - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед;

		<p>- формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.</p>
<p>Профессиональное воспитание</p>	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B22)</p>	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.</p>

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>6 Семестр</i>						
1	Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия	1-8	8/8/0		25	Зд-8	З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, З-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3,

							3-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2
2	Оже-электронная спектроскопия. Спектроскопия рассеяния медленных ионов. Сканирующая зондовая микроскопия. Дифракция медленных электронов.	9-15	7/7/0		25	Зд-15	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, 3-

							ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		15/15/0		50		
	Контрольные мероприятия за 6 Семестр				50	3	3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, 3-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3,

							В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6
--	--	--	--	--	--	--	--

* – 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
Зд	Задание (задача)
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>6 Семестр</i>	15	15	0
1-8	Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия	8	8	0
1 - 8	Цели и задачи курса. Основные понятия о физике поверхности. Физический принцип РФЭС. Первичная структура РФЭ спектров. Вторичная структура спектров в РФЭС. Мультиплетное расщепление уровней в РФЭС. По Средства достижения СВВ. Адсорбция на поверхности. Степень заполнения. Экспозиция. Классификация методов исследования поверхности. Фотоэффект. Измерение энергии связи. Энергия связи электрона. Метод расчета. Энергия начального и конечного состояния. Релаксация. Ширина пиков. Форма линии. Интенсивность. Вторичная структура спектров в РФЭС. Плазмонные потери. Асимметрия пиков. Индекс сингулярности. Вторичная структура спектров в РФЭС. Сателлиты встряски и стряхивания. Спин-орбитальное расщепление уровней в РФЭС. Химический сдвиг РФЭС и оже-линий. Метод оже-параметра разделения вкладов эффекта начального и конечного состояний в сдвиг энергии связи. Экспериментальное наблюдение. Спектры валентных	Всего аудиторных часов		
		8	8	0
		Онлайн		
		0	0	0

	уровней и оже-серий в РФЭС. Эффект зарядки и способы его учета. Источник рентгеновского излучения. Типы анодов. Энергоанализаторы. Виды и характеристики			
9-15	Оже-электронная спектроскопия. Спектроскопия рассеяния медленных ионов. Сканирующая зондовая микроскопия. Дифракция медленных электронов.	7	7	0
9 - 15	Спектроскопия рассеяния медленных ионов. Многократное рассеяние ионов в методе СРМИ. Сканирующая туннельная микроскопия. Дифракция медленных электронов. Физические основы. Кинематический фактор. Сечение рассеяния в СРМИ. Потенциалы межатомного взаимодействия. Нейтрализация ионов в спектроскопии рассеяния медленных ионов. Конус затенения. Спектроскопия рассеяния медленных ионов. Структурные эффекты. Спектроскопия рассеяния медленных ионов. Разрешение по массе. Физические основы. Туннелирование электрона. Туннельный ток. Условие дифракции. Сфера Эвальда. Дифракция медленных электронов. Общая схема установки.	Всего аудиторных часов		
		7	7	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

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Курс реализует компетентностный подход и предусматривает широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (компьютерные практикумы, разбор домашних заданий, система контрольно-измерительных материалов, включая тесты) а также, проведение занятий с использованием системы удаленного доступа к уникальному научному оборудованию в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

7. 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)
ОПК-2	З-ОПК-2	З, Зд-8, Зд-15
	У-ОПК-2	З, Зд-8, Зд-15
	В-ОПК-2	З, Зд-8, Зд-15
ОПК-3	З-ОПК-3	З, Зд-8, Зд-15
	У-ОПК-3	З, Зд-8, Зд-15
	В-ОПК-3	З, Зд-8, Зд-15
ОПК-4	З-ОПК-4	З, Зд-8, Зд-15
	У-ОПК-4	З, Зд-8, Зд-15
	В-ОПК-4	З, Зд-8, Зд-15
ПК-2	З-ПК-2	З, Зд-8, Зд-15
	У-ПК-2	З, Зд-8, Зд-15
	В-ПК-2	З, Зд-8, Зд-15
ПК-3	З-ПК-3	З, Зд-8, Зд-15
	У-ПК-3	З, Зд-8, Зд-15
	В-ПК-3	З, Зд-8, Зд-15
ПК-4	У-ПК-4	З, Зд-8, Зд-15
	В-ПК-4	З, Зд-8, Зд-15
	З-ПК-4	З, Зд-8, Зд-15
ПК-6	З-ПК-6	З, Зд-8, Зд-15
	У-ПК-6	З, Зд-8, Зд-15
	В-ПК-6	З, Зд-8, Зд-15

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»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе
75-84		C	
70-74		D	

			на вопрос.
65-69			Оценка «удовлетворительно»
60-64	3 – «удовлетворительно»	Е	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.
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.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Ф50 Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела : лабораторный практикум, Москва: НИЯУ МИФИ, 2014
2. ЭИ Ф50 Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2014

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ П 43 Введение в физику зарядовых и размерных эффектов. Поверхность, кластеры, низкоразмерные системы : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2006
2. 53 Л22 Теоретическая физика Т.5 Статистическая физика.Ч.1, Москва: Физматлит, 2013
3. ЭИ Ф50 Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела : учебное пособие для вузов, В. И. Троян [и др.], Москва: МИФИ, 2008
4. 539.2 Ф50 Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела : учебное пособие для вузов, В. И. Троян [и др.], Москва: МИФИ, 2008
5. 621.39 М64 Основы сканирующей зондовой микроскопии : учеб. пособие для вузов, В. Л. Миронов, М.: Техносфера, 2004
6. 539.2 Н50 Электронная спектроскопия кристаллов : , В.В. Немошкаленко, В.Г. Алешин, Киев: Наук.думка, 1976

7. 539.2 В24 Введение в физику поверхности : , К. Оура [и др.], Москва: Наука, 2006
8. 538 М22 Физика поверхности. Теоретические модели и экспериментальные методы : , М. В. Мамонова, В. В. Прудников, И. А. Прудникова, Москва: Физматлит, 2011
9. 539.2 П70 Введение в физику поверхности : , М. Праттон, М.; Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2000
10. 535 К23 Фотоэлектронная и Оже-спектроскопия : , Т. А. Карлсон, Ленинград: Машиностроение, 1981

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

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

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

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

В рамках курса рассматриваются следующие темы: Средства достижения СВВ. Адсорбция на поверхности. Степень заполнения. Экспозиция. Классификация методов исследования поверхности. Фотоэффект. Измерение энергии связи. Энергия связи электрона. Метод расчета. Энергия начального и конечного состояния. Релаксация. Ширина пиков. Форма линии. Интенсивность. Вторичная структура спектров в РФЭС. Плазмонные потери. Асимметрия пиков. Индекс сингулярности. Вторичная структура спектров в РФЭС. Сателлиты встряски и стряхивания. Спин-орбитальное расщепление уровней в РФЭС. Химический сдвиг РФЭС и оже-линий. Метод оже-параметра разделения вкладов эффекта начального и конечного состояний в сдвиг энергии связи. Экспериментальное наблюдение. Спектры валентных уровней и оже-серий в РФЭС. Эффект зарядки и способы его учета. Источник рентгеновского излучения. Типы анодов. Энергоанализаторы. Виды и характеристики. Физические основы. Кинематический фактор. Сечение рассеяния в СРМИ. Потенциалы межатомного взаимодействия. Нейтрализация ионов в спектроскопии рассеяния медленных ионов. Конус затенения. Спектроскопия рассеяния медленных ионов. Структурные эффекты. Спектроскопия рассеяния медленных ионов. Разрешение по массе. Физические основы. Туннелирование электрона. Туннельный ток. Топографический и спектроскопический режимы работы сканирующего туннельного микроскопа. Атомно-силовая микроскопия. Принцип действия. Условие дифракции. Сфера Эвальда. Дифракция медленных электронов. Общая схема установки.

Аттестация разделов представлена следующими формами контроля:

– Задание

На выбор преподавателя студенту выдается 5 вопросов из списка вопросов. Время на подготовку – 30 минут. В рамках предложенных тем вопросов, преподаватель может задавать обобщающие вопросы, охватывающие несколько тем, или конкретные задачи-проблемы группе (два и более) студентов с целью оценить работу студентов в коллективе, а так же роль и активность отдельных студентов.

Успешное прохождение студентом аттестации отвечает диапазону 15-25 баллов по итогам каждой аттестации.

Для подготовки к лекциям и промежуточной аттестации рекомендуется пользоваться следующей литературой:

Погосов, В. В. Введение в физику зарядовых и размерных эффектов. Поверхность, кластеры, низкоразмерные системы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. В. Погосов. - Москва : Физматлит, 2006. - 328 с.

Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела [Текст] : учебное пособие для вузов / В. И. Троян [и др.]. - Москва : МИФИ, 2008. - 260 с. - (Учебная книга инженера-физика). - ISBN 978-5-7262-1020-3

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Необходимо дать возможность студентам усвоить физические принципы основных экспериментальных методов исследования поверхности твердого тела и наноструктур: рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, оже-электронной спектроскопии, спектроскопии рассеяния медленных ионов, сканирующей туннельной микроскопии, атомно-силовой микроскопии и дифракции медленных электронов.

Нужно рассказать о необходимости исследования поверхности, провести классификацию методов исследования поверхности, обосновать необходимость наличия сверхвысокого вакуума при исследовании поверхности.

Нужно провести натурную лекцию и показать современное аналитическое оборудование для исследования поверхности и наноструктур – электронный спектрометр, электронный микроскоп, СВВ систему анализа поверхности, совмещающую в себе набор аналитических методов.

Необходимо рассказать о сути метода РФЭС, явлении фотоэффекта, структуре фотоэлектронных спектров, их количественном и качественном анализе. Нужно сформулировать основные преимущества метода РФЭС по сравнению с другими методами исследования поверхности. Необходимо рассмотреть физические эффекты, проявляющиеся в РФЭ спектрах: плазмонные возбуждения, спин-орбитальное и мультиплетное расщепление, явление инфракрасной катастрофы. Нужно дать представление о факторах, влияющих на интенсивность фотоэлектронных спектров: длине свободного пробега электронов в твердом теле, сечении фотоионизации и коэффициенте пропускания энергоанализатора в двух режимах работы.

Необходимо рассказать об устройстве основных блоков электронного спектрометра: энергоанализаторе, рентгеновской пушке и детекторе электронов.

Нужно представить физические основы методе оже-электронной спектроскопии, дать понятие оже-эффекта, рассказать об отличительных особенностях метода ОЭС, о

количественном и качественном анализе методом ОЭС. Необходимо рассмотреть виды рекомбинации

Автор(ы):

Борисюк Петр Викторович, к.ф.-м.н., доцент

Рецензент(ы):

Пальчиков В.Г.