

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра Высшей математики и физики

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра электроники твердого тела

Фонд оценочных средств дисциплины

**Б1.В.1ДВ.02.01 Спецлаборатория по анализу состава поверхности
области методом фотоэлектрической спектроскопии**

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования по направлению подготовки
(сетевая форма реализации)

03.04.01 Прикладные математика и физика

Направленность (профиль)
«Физические исследования инновационных материалов»

Уровень
Магистратура

Форма обучения
Очная

**Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры
08.09.2022 г., протокол № 2
Зав. кафедрой Зайцева И.В.**

**Авторы-разработчики:
д.ф.-м.н., Рыбкин А.Г. (СПбГУ)
д.т.н., Дьяченко Н.В. (РГГМУ)**

1. Паспорт Фонда оценочных средств по дисциплине

«Спецлаборатория по анализу состава поверхности области методом фотоэлектрической спектроскопии»

Таблица 1. Перечень оценочных средств текущего контроля

№ п/п	Тема дисциплины	Формируемые компетенции	Наименование средств текущего контроля
1	Общие сведения и понятия о модульных принципах конструирования электронных спектрометров. Их обобщенные характеристики.	ПК-2 ПК-4	Устная защита выполнения лабораторной работы № 1
2	Освоение методики регистрации фотоэлектронных спектров.	ПК-2 ПК-4	Устная защита выполнения лабораторной работы № 2
	Текущий контроль успеваемости (ТКУ)	ПК-2 ПК-4	Тест в Moodle
3	Освоение методики получения низкоразмерных структур <i>in situ</i> . и их исследование фотоэлектрическими методами	ПК-2 ПК-4	Устная защита выполнения лабораторной работы № 3
Форма промежуточной аттестации:			Зачет с оценкой

2. Перечень компетенций, с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

Таблица 2. Перечень компетенций, формируемых в процессе освоения дисциплины

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Виды оценочных средств
ПК-2	Знать: – современную экспериментальную базу	Задания практико-ориентированного уровня: Лабораторная работа № 1,2,3
	Уметь: – работать с исследовательским и испытательным оборудованием, приборами и установками;	Задания практико-ориентированного уровня: Лабораторная работа № 1,2,3
	Владеть: – навыками работы с измерительными системами нового поколения, составляющими обновленный арсенал современных экспериментальных методов исследования	Задания практико-ориентированного уровня: Лабораторная работа № 1,2,3

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Виды оценочных средств
ПК-4	Знать: – цели и задачи отдельного этапа исследования	Задания практико-ориентированного уровня: Лабораторная работа № 1,2,3
	Уметь: – выделять последовательность этапов работы	Задания практико-ориентированного уровня: Лабораторная работа № 1,2,3
	Владеть: – навыками построения плана проведения измерений по каждому этапу	Задания практико-ориентированного уровня: Лабораторная работа № 1,2,3

3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 3. Распределение баллов по видам учебной работы

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Текущий контроль:	0-100
в том числе промежуточная аттестация	0-30
ИТОГО	0-100

Таблица 3.1. Распределение баллов по текущему контролю

№	Вид работ	Min	Max
1. Обязательная часть			
1.1	Текущий контроль успеваемости по проверке сформированности остаточных знаний		
	Текущий контроль успеваемости (ТКУ). Тест:	0	10
1.2	Выполнение лабораторных работ		
1.2.1	Лабораторная работа 1. Общие сведения и понятия о модульных принципах конструирования электронных спектрометров. Их обобщенные характеристики.	6	10
1.2.2	Лабораторная работа 2. Освоение методики регистрации фотоэлектронных спектров.	7	10
1.2.3	Лабораторная работа 3. Освоение методики получения низкоразмерных структур <i>in situ</i> . и их исследование фотоэлектрическими методами	7	10
Итого баллов по обязательной части		20	40
2. Вариативная часть			
2.1	Реферат по дисциплине «Спецлаборатория по анализу состава поверхностной области методом фотоэлектрической спектроскопии»	1	5
2.2	Участие в НИРС	10	25
2.3	Участник клуба МиФ	1	10
2.4	Участие в олимпиаде (физика, математика)	5	10
2.4.1	участие	5	5
2.4.2	призер	10	10
2.5	Публикация в индексируемом журнале (совместно с преподавателем)	10	10
2.6	Акселерационная программа/ проект Росмолодежи	20	40

2.6.1	участие	20	20
2.6.2	грант	40	40
	Промежуточная аттестация по дисциплине	0	30
	Итого баллов по вариативной части	40	60
	Итого баллов по дисциплине		100

Таблица 3.2. Конвертация баллов в итоговую оценку

Оценка	Баллы
Зачтено (отлично)	85-100
Зачтено (хорошо)	64-84
Зачтено (удовлетворительно)	40-63
Не зачтено (неудовлетворительно)	0-39

4. Содержание оценочных средств текущего контроля. Критерии оценивания

Перечень учебно-методического и информационного обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине, в том числе по подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации представлены в рабочих программах и методических рекомендациях для обучающихся по освоению дисциплины.

Перечень лабораторных работ, методики выполнения и критерии оценивания по темам дисциплины:

Лабораторная работа № 1. Модульные принципы конструирования электронных спектрометров:

1. Введение. Общие сведения и понятия о модульных принципах конструирования электронных спектрометров. Их обобщенные характеристики. Области применения. Устройство фотоэлектронного спектрометра ADES-400. Устройство и принцип работы энергоанализатора электронного спектрометра. Устройство системы детектирования. Устройство датчиков измерения вакуума. Устройство систем ввода образцов. Устройство системы управления, сбора и обработки информации. Инструктаж по технике безопасности.

2. Устройство и принцип работы вакуумной ультрафиолетовой гелиевой лампы. Устройство системы откачки электронного спектрометра ADES-400. Устройство систем напуска газов.

3. Устройство и принцип работы дифрактометра медленных электронов (ДМЭ).

4. Освоение методики очистки поверхности образцов методом поверхностного ионного травления. Устройство и принцип работы ионной пушки для травления образцов.

5. Освоение методики получения сверхвысокого вакуума в электронном спектрометре ADES-400. Необходимые условия для достижения сверхвысокого вакуума. Методика прогрева электронного спектрометра.

1. Цель работы

Главная цель: Изучить модульный принцип построения современных электронных спектрометров, освоить методику сборки и настройки базовых конфигураций спектрометрических систем.

Конкретные задачи:

1. Изучить назначение и функции основных модулей электронного спектрометра.
2. Освоить принципы согласования модулей по электрическим и механическим параметрам.

3. Собрать базовые конфигурации спектрометров для различных задач.
 4. Провести тестовые измерения для проверки работоспособности системы.
 5. Оценить преимущества и ограничения модульного подхода.
-

2. Ход работы

Этап 1. Изучение модульной структуры

- Ознакомиться с основными модулями спектрометра: источник излучения, монохроматор, детектор, система регистрации.
 - Изучить характеристики и интерфейсы каждого модуля.
 - Освоить принципы электрического и программного согласования модулей.
-
- ### Этап 2. Сборка спектрометрической системы
- Выбрать конфигурацию спектрометра в соответствии с задачей.
 - Соединить модули в соответствии с технической документацией.
 - Проверить правильность электрических соединений.
 - Настроить программное обеспечение для управления системой.
-
- ### Этап 3. Проверка работоспособности
- Провести тестовые включения модулей.
 - Выполнить калибровку системы по стандартным образцам.
 - Проверить согласованность работы всех модулей.
 - Оценить стабильность работы системы.
-
- ### Этап 4. Экспериментальные измерения
- Провести измерения спектров эталонных образцов.
 - Оценить основные характеристики системы: разрешение, чувствительность, точность.
 - Сравнить характеристики разных конфигураций спектрометра.
-
- ### Этап 5. Анализ результатов
- Оценить влияние состава модулей на характеристики системы.
 - Проанализировать гибкость и адаптивность модульной конструкции.
 - Сформулировать рекомендации по выбору конфигураций для различных задач.
-

3. Отчетность

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист
2. Цель работы
3. Теоретическая часть:
 - Принципы модульного конструирования спектрометров
 - Описание использованных модулей и их характеристик
 - Схемы сборки спектрометрических систем
4. Экспериментальная часть:
 - Протоколы сборки и настройки систем
 - Результаты тестовых измерений
 - Калибровочные графики и данные
5. Результаты анализа:
 - Сравнительные характеристики разных конфигураций
 - Оценка преимуществ модульного подхода
 - Анализ limitations и путей их устранения
6. Выводы:
 - О практической реализации модульного принципа
 - О влиянии состава модулей на характеристики системы
 - О перспективах применения модульных спектрометров

Лабораторная работа № 2. Регистрация фотоэлектронных спектров:

1. Освоение методики регистрации фотоэлектронных спектров. Освоение программного обеспечения для записи спектров. Регистрация фотоэлектронных спектров в вакуумной ультрафиолетовой (ВУФ) области спектра с излучением HeI (21.2 эВ) на электронном спектрометре ADES-400.

2. Регистрация угловых зависимостей фотоэмиссии в вакуумной ультрафиолетовой (ВУФ) области спектра на электронном спектрометре ADES-400. Калибровка спектров по энергии. Определение разрешения по энергии.

3. Освоение методики дифракции медленных электронов (ДМЭ). Получение картин дифракции от монокристаллических образцов при различных энергиях первичных электронов. Определение оптимальных параметров питания электронной пушки, четырехсеточного анализатора с задерживающим полем и коллектора для регистрации картин дифракции при различных энергиях первичных электронов.

4. Освоение методики выбора определенного направления симметрии в зоне Бриллюэна и установки образца в заданном направлении. Освоение работы с CCD-камерой и выводом картин дифракции на персональный компьютер.

5. Составление отчета по методике регистрации фотоэлектронных спектров и методике ДМЭ.

1. Цель работы

Главная цель: Освоить методику экспериментального получения фотоэлектронных спектров, изучить основные характеристики спектров и методы их интерпретации для анализа элементного состава и химического состояния вещества.

Конкретные задачи:

1. Изучить физические основы фотоэлектронной спектроскопии.
2. Освоить работу с рентгеновским фотоэлектронным спектрометром.
3. Приобрести навыки подготовки образцов для исследований.
4. Научиться регистрировать фотоэлектронные спектры.
5. Освоить базовые методы обработки и интерпретации спектров.

2. Ход работы

Этап 1. Подготовка к измерениям

- Изучить устройство и принцип работы фотоэлектронного спектрометра.
- Подготовить поверхность образца для анализа (очистка, напыление).
- Установить образец в спектрометр и создать необходимый вакуум.
- Проверить готовность системы к работе.

Этап 2. Настройка параметров измерения

- Выбрать режим работы спектрометра.
- Установить параметры рентгеновского излучения.
- Настроить энергию анализатора.
- Определить оптимальное время накопления сигнала.

Этап 3. Регистрация обзорных спектров

- Провести сканирование в широком диапазоне энергий связи.
- Зарегистрировать обзорный фотоэлектронный спектр.
- Идентифицировать элементы, присутствующие в образце.
- Определить интенсивности линий элементов.

Этап 4. Регистрация высокоразрешающих спектров

- Выбрать элементы для детального изучения.
- Записать высокоразрешающие спектры для выбранных элементов.
- Обеспечить достаточное разрешение для разделения химических сдвигов.
- Провести измерения в повторяющихся режимах для статистики.

Этап 5. Обработка результатов

- Провести калибровку спектров по пику углерода.
- Выполнить коррекцию фона.

- Определить положения пиков и их химические сдвиги.
- Рассчитать отношения интенсивностей элементов.

3. Отчетность

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист
2. Цель работы
3. Теоретическая часть:
 - Физические основы фотоэлектронной спектроскопии
 - Принцип работы спектрометра
 - Методы интерпретации спектров
4. Экспериментальная часть:
 - Описание образца и условий измерения
 - Параметры регистрации спектров
 - Полученные обзорные и высокоразрешающие спектры
5. Результаты анализа:
 - Таблицы с положениями пиков и их идентификацией
 - Результаты количественного анализа
 - Интерпретация химических сдвигов
 - Сравнение с литературными данными
6. Выводы:
 - О элементном составе образца
 - О химическом состоянии элементов
 - О возможностях метода фотоэлектронной спектроскопии
 - О качестве проведенных измерений

Лабораторная работа № 3. Низкоразмерные структуры *in situ*. и их исследование фотоэлектрическими методами:

1. Освоение методики получения низкоразмерных структур *in situ*. Освоение методики формирования низкоразмерных структур *in situ* методом термического испарения материалов с контролируемой скоростью испарения на подложку. Освоение методики формирования низкоразмерных структур *in situ* методом крекинга углеводородных соединений.

2. Освоение методики непрерывной регистрации фотоэлектронных спектров в процессе непрерывного нанесения верхнего компонента формируемой *in situ* низкоразмерной структуры.

3. Проведение исследований *in situ* сформированных низкоразмерных структур. Определение совершенства кристаллической структуры методом ДМЭ. Измерение угловых зависимостей фотоэмиссии для сформированной структуры с использованием излучения Не I (21.2 эВ). Измерение угловых зависимостей фотоэмиссии для сформированной структуры с использованием излучения Не II (40.8 эВ).

4. Освоение методики обработки экспериментальных данных. Нормировка измеренных фотоэлектронных спектров. Вычитание фона вторичных электронов. Построение дисперсионных зависимостей $E(k\parallel)$ по измеренным спектрам угловой зависимости фотоэмиссии;

5. Оформление полученных результатов в виде отчета о научно-исследовательской работе.

1. Цель работы

Главная цель: Освоить методику *in situ* синтеза низкоразмерных структур и их исследования с помощью фотоэлектрических методов, изучить особенности электронных свойств наноматериалов.

Конкретные задачи:

1. Изучить методы синтеза низкоразмерных структур в вакуумных условиях.
 2. Освоить методику *in situ* диагностики роста тонких пленок.
 3. Исследовать фотоэлектрические свойства полученных структур.
 4. Проанализировать взаимосвязь между условиями синтеза и свойствами материалов.
 5. Сравнить характеристики различных низкоразмерных систем.
-

2. Ход работы

Этап 1. Подготовка экспериментальной установки

- Подготовить подложки для нанесения структур.
- Настроить вакуумную систему для синтеза.
- Проверить работу источников осаждения и диагностического оборудования.
- Калибровать измерительные приборы.

Этап 2. Синтез низкоразмерных структур

- Провести предварительную очистку подложек.
- Настроить параметры осаждения (температура, скорость, давление).
- Выполнить синтез тонких пленок иnanoструктур.
- Контролировать процесс роста *in situ*.

Этап 3. *In situ* диагностика

- Регистрировать электронную дифракцию в процессе роста.
- Проводить фотоэлектронную спектроскопию после каждого этапа синтеза.
- Контролировать морфологию поверхности.
- Фиксировать изменения электронной структуры.

Этап 4. Фотоэлектрические измерения

- Измерить спектры фотопроводимости.
- Исследовать вольт-амперные характеристики.
- Определить квантовую эффективность структур.
- Изучить спектральную зависимость фототока.

Этап 5. Анализ результатов

- Сопоставить условия синтеза и характеристики структур.
 - Проанализировать влияние размерных эффектов на свойства.
 - Построить модели электронных процессов.
 - Сравнить экспериментальные данные с теоретическими предсказаниями.
-

3. Отчетность

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист
2. Цель работы
3. Теоретическая часть:
 - Физические основы низкоразмерных систем
 - Методы *in situ* диагностики
 - Принципы фотоэлектрических измерений
4. Экспериментальная часть:
 - Схема экспериментальной установки
 - Параметры синтеза образцов
 - Протоколы измерений
5. Результаты анализа:
 - Данные *in situ* диагностики
 - Фотоэлектрические характеристики
 - Корреляция параметров синтеза и свойств
 - Сравнительный анализ различных структур

6. Выводы:

- О влиянии условий синтеза на свойства структур
- О особенностях электронных свойств низкоразмерных систем
- О возможностях *in situ* методов диагностики
- О перспективах применения исследованных структур

Таблица 4. Критерии оценивания лабораторных работ

Критерий оценивания	Результат
Задания выполнены в полном объеме. Представлен письменный ответ Выявлены знания компетентности в рамках задания.	10
Задания выполнены частично. Представлен письменный ответ Выявлены частичные знания компетентности в рамках задания.	6
Задания не выполнены. Не представлен письменный ответ Знания компетентности в рамках задания не выявлены.	0

Таблица 4.1. Критерии оценивания заданий вариативной части

2. Вариативная часть			
2.1	Реферат по дисциплине «Спецлаборатория по анализу состава поверхностной области методом фотоэлектрической спектроскопии»	1	5
2.2	Участие в НИРС	10	25
2.3	Участник клуба МиФ	1	10
2.4	Участие в олимпиаде (физика, математика)	5	10
2.4.1	участие	5	5
2.4.2	призер	10	10
2.5	Публикация в индексируемом журнале (совместно с преподавателем)	10	10
2.6	Акселерационная программа/ проект Росмолодежи	20	40
2.6.1	участие	20	20
2.6.2	грант	40	40
	Промежуточная аттестация по дисциплине	0	30
Итого баллов по вариативной части		40	60
Итого баллов по дисциплине			100

Примерная тематика рефератов

1. Основные принципы рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (XPS): Теория и экспериментальные основы.
2. Химические сдвиги в спектрах XPS: Факторы влияния и интерпретация.
3. Оборудование и техника проведения экспериментов в XPS-лаборатории.

4. Глубина анализа и разрешение в XPS: Ограничения и преимущества метода.
5. Калибровка и коррекция артефактов в спектрах XPS.
6. Применение XPS в материаловедении: Анализ тонких пленок и наноструктур.
7. XPS в катализе: Определение активных центров на поверхности катализаторов.
8. Анализ биоматериалов с помощью XPS: Применение в биоинженерии и медицине.
9. Сравнение XPS с другими методами анализа поверхности (AES, SIMS).
10. Экспериментальные вызовы в XPS: Подготовка образцов и обеспечение чистоты.
11. Квантовые аспекты XPS: Вероятности ионизации и интенсивность сигналов.
12. XPS в экологических исследованиях: Анализ загрязнителей на поверхностях.
13. Развитие синхротронной XPS: Преимущества и новые возможности.
14. Интерпретация сложных спектров XPS: Математические модели и программное обеспечение.
15. Будущие тенденции в XPS: Интеграция с другими технологиями и инновации.

Таблица 4.2. Критерии оценивания реферата

Критерий оценивания	Результат
Содержание реферата соответствует заявленной в названии тематике; реферат оформлен в соответствии с общими требованиями написания и техническими требованиями оформления реферата; реферат имеет чёткую композицию и структуру; в тексте реферата отсутствуют логические нарушения в представлении материала; корректно оформлены и в полном объёме представлены список использованной литературы и ссылки на использованную литературу в тексте реферата; реферат представляет собой самостоятельное исследование, представлен качественный анализ найденного материала, отсутствуют факты плагиата.	5 баллов
Содержание реферата соответствует заявленной в названии тематике; реферат оформлен в соответствии с общими требованиями написания реферата, но есть погрешности в техническом оформлении; реферат имеет чёткую композицию и структуру; в тексте реферата отсутствуют логические нарушения в представлении материала; в полном объёме представлены список использованной литературы, но есть ошибки в оформлении; реферат представляет собой самостоятельное исследование, представлен качественный анализ найденного материала, отсутствуют факты плагиата.	4 балла
Содержание реферата соответствует заявленной в названии тематике; в целом реферат оформлен в соответствии с общими требованиями написания реферата, но есть погрешности в техническом оформлении; в целом реферат имеет чёткую композицию и структуру, но в тексте реферата есть логические нарушения в представлении материала; в полном объёме представлен список использованной литературы, но есть ошибки в оформлении; некорректно оформлены или не в полном объёме представлены ссылки на использованную литературу в тексте реферата; в целом реферат представляет собой самостоятельное исследование, представлен анализ найденного материала, отсутствуют факты плагиата.	3 балла

<p>Содержание реферата соответствует заявленной в названии тематике; в реферате отмечены нарушения общих требований написания реферата; есть погрешности в техническом оформлении; в целом реферат имеет чёткую композицию и структуру, но в тексте реферата есть логические нарушения в представлении материала; в полном объёме представлен список использованной литературы, но есть ошибки в оформлении; некорректно оформлены или не в полном объёме представлены ссылки на использованную литературу в тексте реферата; в целом реферат представляет собой достаточно самостоятельное исследование, представлен анализ найденного материала, присутствуют единичные случаи фактов плагиата.</p>	<p>2 балла</p>
---	----------------

Образцы тестовых заданий текущего контроля ПК-2; ПК-4.

1. Что является основным принципом работы рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (XPS)?
 - а) Измерение поглощения рентгеновского излучения материалом.
 - б) Регистрация кинетической энергии фотоэлектронов, выбитых рентгеновскими фотонами.
 - в) Анализ дифракции электронов на поверхности.
 - г) Измерение теплопроводности образца.
2. Какая энергия фотонов обычно используется в XPS для анализа поверхностного состава?
 - а) Видимый свет (1–3 эВ).
 - б) Ультрафиолет (10–100 эВ).
 - в) Рентгеновское излучение (1000–1500 эВ, например, Mg Кα или Al Кα).
 - г) Инфракрасное излучение.
3. Что такое химический сдвиг в спектрах XPS?
 - а) Сдвиг положения пика из-за изменения химического окружения атома.
 - б) Изменение энергии пика из-за изменения температуры.
 - в) Увеличение интенсивности сигнала от примесей.
 - г) Потеря энергии из-за вакуумных условий.
4. Какова типичная глубина анализа в XPS?
 - а) До 1 мм.
 - б) 100–1000 нм.
 - в) 1–10 нм (верхние атомные слои).
 - г) Полная толщина образца.
5. Какой компонент оборудования XPS отвечает за генерацию рентгеновского излучения?
 - а) Электронный анализатор.
 - б) Вакуумный насос.
 - в) Детектор ионов.
 - г) Рентгеновская трубка или синхротронный источник.
6. Почему в XPS требуется высокий вакуум в камере анализа?
 - а) Для охлаждения образца.
 - б) Чтобы предотвратить окисление поверхности и загрязнение адсорбированными молекулами.

- в) Для увеличения энергии фотонов.
г) Для измерения давления.
7. Что означает термин "разрешение" в контексте спектрометра XPS?
а) Максимальная глубина анализа.
б) Способность различать близкие по энергии пики (обычно 0.5–1 эВ).
в) Время на сканирование спектра.
г) Интенсивность сигнала.
8. Какой элемент можно легко детектировать в XPS благодаря его высокой чувствительности?
а) Водород (H).
б) Только тяжелые металлы.
в) Углерод (C) и кислород (O).
г) Инертные газы.
9. Что такое "спутниковые пики" в спектрах XPS?
а) Шум от прибора.
б) Основные фотоэлектронные линии.
в) Пиковые максимумы для калибровки.
г) Дополнительные пики из-за неупругого рассеяния электронов или Auger-процессов.
10. Как калибруется энергия в XPS-спектрах?
а) По пику золота (Au 4f).
б) По пику углерода (C 1s) при 284.8 эВ или другим стандартам.
в) По температуре образца.
г) По интенсивности сигнала.
11. Какое применение XPS в материаловедении наиболее распространено?
а) Определение состава и химического состояния поверхностных слоев в катализаторах или тонких пленках.
б) Анализ внутренней структуры кристаллов.
в) Измерение механической прочности.
г) Определение температуры плавления.
12. Что такое "квантовый выход" в контексте XPS?
а) Эффективность детектора.
б) Глубина проникновения фотонов.
в) Время экспозиции.
г) Вероятность фотоионизации электрона (зависит от энергии фотона и атома).
13. Какой артефакт может искажать спектры XPS?
а) Высокая температура образца.
б) Низкая энергия фотонов.
в) Зарядовый сдвиг из-за изоляции образца.
г) Отсутствие вакуума.
14. Как XPS сочетается с другими методами анализа поверхности?
а) Только с оптической микроскопией.
б) С AES (Auger) или SIMS для дополнения данных о составе и глубине.
в) С рентгеновской дифракцией для внутренней структуры.
г) С механическими тестами.

15. Что важно учитывать при подготовке образца для XPS-анализа?
- Чистота поверхности, отсутствие загрязнений и стабильность в вакууме.
 - Размер образца (должен быть большим).
 - Толщина образца (не менее 1 мм).
 - Проводимость (только изоляторы).

Таблица 4.3. Критерии оценивания тестирования

Критерий	Баллы
Зачтено, более 40 % или равно 40% ответов правильных	10
Не зачтено, менее 40 % ответов правильных	0
Итого	0-10

5. Содержание оценочных средств промежуточной аттестации

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – зачет с оценкой.

Форма проведения зачета с оценкой: устный ответ на два вопроса в билете.

Перечень вопросов и критерии оценивания ответов на вопросы в билете по темам дисциплины.

Перечень вопросов для устного опроса и подготовки к зачету с оценкой:

Компетенции: ПК-2

- Необходимые условия получения сверхвысокого вакуума.
- Практическое осуществление прогрева электронного спектрометра.
- Нештатные ситуации: варианты необходимых действий.
- Методика обезгаживания электронного спектрометра.
- Метод очистки образцов в сверхвысоком вакууме путем высокотемпературного прогрева. Практическая реализация.
- Метод очистки образцов в сверхвысоком вакууме путем высокотемпературного прогрева. Практическая реализация. Режимы.
- Методика очистки монокристаллических образцов методом ионного травления и отжига в атмосфере водорода, кислорода. Практическая реализация. Режимы.
- Условия работы источника ВУФ-излучения (гелиевой лампы) при энергиях квантов 21.2 эВ и 40.8 эВ.
- Выбор параметров для измерения фотоэлектронных спектров при энергиях квантов 21.2 эВ и 40.8 эВ.
- В чем разница между фотоэлектронными спектрами при энергиях квантов 21.2 эВ и 40.8 эВ?
- Как определить энергетическое разрешение?
- Вид спектра в шкале кинетических энергий и в шкале энергий связи.
- Измерение угловых зависимостей фотоэмиссии. Чем определяется шаг по углу?

Компетенции: ПК-4

- Принцип работы дифрактометра медленных электронов.
- Что отражает картина дифракции медленных электронов?
- Установка требуемого направления симметрии для измерений.
- Практическая реализация методики формирования низкоразмерных структур *in situ* методом термического испарения материалов с контролируемой скоростью испарения на подложку.
- Практическая реализация методики формирования низкоразмерных структур *in situ* методом крекинга углеводородных соединений.
- Практическая реализация методики непрерывной регистрации фотоэлектронных

спектров в процессе непрерывного нанесения верхнего компонента формируемой *in situ* низкоразмерной структуры.

7. Как можно оценить совершенство/несовершенство сформированной наноструктуры?

8. Необходимые параметры при измерение угловых зависимостей фотоэмиссии.

9. Получение дисперсионных зависимостей $E(k\parallel)$ из экспериментальных данных.

10. Каковы погрешности полученных дисперсионных зависимостей по энергии и волновому вектору?

11. Как оценить фон вторичных электронов?

12. Что отражает положение низкоэнергетического и высокоэнергетического концов фотоэлектронного спектра?

13. Как можно определить изменение работы выхода подложки при нанесении тонких слоев верхнего компонента формируемой наноструктуры?

Таблица 5. Критерии оценивания промежуточной аттестации в форме зачет с оценкой

Критерий оценивания	Баллы
Обучающийся ответил на два вопроса в билете. Продемонстрировал знания по формируемым компетенциям в полном объеме (приводились доводы и объяснения). Знания освоения компетенций выявлены.	30 баллов
Обучающийся ответил на один вопрос в билете. Продемонстрировал знания по формируемым компетенциям частично. Постиг смысл изучаемого материала (может высказать вербально, четко и ясно, или конструировать новый смысл, новую позицию). Знания освоения компетенций выявлены частично.	15 баллов
Обучающийся не ответил на вопросы в билете. Не может согласовать свою позицию или действия относительно обсуждаемой тематики. Знания освоения компетенций не выявлены.	0