

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ФИЗИКИ ПЛАЗМЫ

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/12-577

от 19.12.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**МЕТОДЫ АНАЛИЗА ПОВЕРХНОСТИ (METHODS OF SURFACE ANALYSIS)**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 16.04.02 Высокотехнологические плазменные и  
энергетические установки

| Семестр | Трудоемкость,<br>кред. | Общий объем<br>курса, час. | Лекции, час. | Практич.<br>занятия, час. | Лаборат. работы,<br>час. | В форме<br>практической<br>подготовки/В | СРС, час. | КСР, час. | Форма(ы)<br>контроля,<br>экс./зач./КР/КП |
|---------|------------------------|----------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|---|-----------|-----------|--|
| 1       | 3                      | 108                        | 8            | 24                        | 0                        |   | 40        | 0         | Э  |
| Итого   | 3                      | 108                        | 8            | 24                        | 0                        | 0                                       | 40        | 0         |  |

## АННОТАЦИЯ

Курс «Методы анализа поверхности (Method of surface analysis)» является логическим продолжением курса «Взаимодействие плазмы с твёрдым телом». Изучение курса непосредственно готовит слушателей к исследовательской и операционной работе связанной с изучением и/или использованию в технологических целях поверхности твёрдого тела, взаимодействий ионов и плазмы с твёрдым телом и т.п.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины «Методы анализа поверхности (Method of surface analysis)» является ознакомление студентов с современными методами анализа поверхности, с их возможностями и особенностями использования.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Содержание программы «Методы анализа поверхности (Method of surface analysis)» представляет собой развитие полученных ранее знаний по следующим дисциплинам: курс общей физики, включающий основы термодинамики, электричество и магнетизм и др.; статистическая физика; математический анализ; дифференциальные уравнения; теория вероятности и математической статистики; квантовая механика; уравнения математической физики, физика низкотемпературной плазмы; вакуумная технология плазменных установок.

Курс Методы анализа поверхности (Method of surface analysis) входит в число базовых при подготовке современных студентов на уровне магистров.

Изучение дисциплины позволит студентам получить сведения о современных методах и приборах исследования поверхности. Наиболее подробно в курсе рассматриваются методы, способные дать максимальный объем информации о поверхностях, подвергшимся ионным и плазменным воздействиям.

### 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;<br>Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта) | Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции |
|--|---------------------------|--|---|
| научно-исследовательский                   |                           |  |   |

|   |  |   |  |
|---|--|---|--|
| <p>Создание теоретических и математических моделей, описывающих основные процессы в плазменных и пучковых установках, безопасное использования плазменных и пучковых технологий</p> | <p>Теоретические и математические модели, описывающие основные процессы в плазменных и пучковых установках, плазменные и пучковые технологии</p> | <p>ПК-2.1 [1] - Способен к созданию теоретических и математических моделей, описывающих основные процессы в плазменных и пучковых установках, под конкретную научно-исследовательскую задачу для эффективного и безопасного использования плазменных и пучковых технологий</p> <p><i>Основание:</i><br/>Профессиональный стандарт: 40.011</p> | <p>З-ПК-2.1[1] - Знать основы теоретических и математических моделей, описывающих основные процессы в плазменных и пучковых установках, под конкретную научно-исследовательскую задачу для эффективного и безопасного использования плазменных и пучковых технологий;<br/>У-ПК-2.1[1] - Уметь создавать теоретические и математические модели, описывающие основные процессы в плазменных и пучковых установках, под конкретную научно-исследовательскую задачу для эффективного и безопасного использования плазменных и пучковых технологий;<br/>В-ПК-2.1[1] - Владеть навыком создания теоретических и математических моделей, описывающих основные процессы в плазменных и пучковых установках, под конкретную научно-исследовательскую задачу для эффективного и безопасного использования плазменных и пучковых технологий</p> |
| <p>Применение методов создания и диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и плазменных</p>   | <p>Методы создания и диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и</p>   | <p>ПК-2.2 [1] - Способен применять методы создания и диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза</p>  | <p>З-ПК-2.2[1] - Знать основные методы создания и диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и плазменных</p>   |

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| технологических установках  | плазменных технологических установках   | и плазменных технологических установках<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 40.011   | технологических установках;<br>У-ПК-2.2[1] - Уметь применять на практике методы создания и диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и плазменных технологических установках;<br>В-ПК-2.2[1] - Владеть навыком применения методов создания и диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и плазменных технологических установках  |
| Анализ научно-технической информации, постановка научной проблемы, обработка и обобщение полученных результатов | Научно-техническая информация по тематике исследований, результаты исследования | ПК-3 [1] - Способен анализировать научно-техническую информацию, научные проблемы, результаты, перспективы по тематике проводимых исследований и разработок<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 24.078 | З-ПК-3[1] - Знать специфику и современное состояние развития исследований и разработок; методы поиска, анализа научно-технической информации для выявления естественнонаучной сущности проблемы, формулирования задачи, определения пути их решения ;<br>У-ПК-3[1] - Уметь: проводить поиск, анализ научно-технической информации для выявления естественнонаучной сущности проблемы, формулирования задачи по тематике проводимых исследований и разработок; обобщать и критически анализировать полученную информацию; проводить критический анализ своих результатов и |

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
|   |   |  | результатов других исследователей;<br>В-ПК-3[1] - владеть навыками поиска и анализа научно-технической информации, выявления естественнонаучной сущности проблемы, формулирования задачи по тематике проводимых исследований и разработок, обобщения и критического анализа информации.  |
| научно-инновационный  |   |  |  |
| Использование методов плазменной обработки материалов и анализа плазменного воздействия на материал | Методы плазменной обработки материалов            | ПК-2.3 [1] - Способен применять методы плазменной обработки материалов и анализа плазменного воздействия на материалы<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 40.011                            | З-ПК-2.3[1] - Знать основные методы плазменной обработки материалов и анализа плазменного воздействия на материалы;<br>У-ПК-2.3[1] - Уметь применять на практике методы плазменной обработки материалов и анализа плазменного воздействия на материалы;<br>В-ПК-2.3[1] - Владеть методами плазменной обработки материалов и анализа плазменного воздействия на материалы |
| Проектирование и внедрение новых продуктов и систем в реальной инженерной практике                  | Продукты и системы в реальной инженерной практике | ПК-7 [1] - Способен проектировать, создавать и внедрять новые продукты и системы и применять теоретические знания в реальной инженерной практике<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 40.011 | З-ПК-7[1] - Знать физические основы работы приборов и установок; методы проведения физических исследований с использованием высокотехнологических установок; ;<br>У-ПК-7[1] - Уметь: применять законы физики и высшей математики для обработки и анализа полученных  |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  |  |  | экспериментальных данных; продумать алгоритм решения инженерной задачи; спроектировать блок-схему лабораторной установки для реализации заданной инженерной задачи;; В-ПК-7[1] - Владеть: методами проведения инженерных расчетов; приемами и навыками работы с современными программными пакетами для инженерной деятельности; |
|--|--|--|---|

#### 4. 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>1 Семестр</i>  |        |   |   |                               |                                     |   |
| 1     | Спектральные методы и метод обратного резерфордского рассеяния. | 1-8    | 4/12/0  |   | 25                            | КИ-8                                | 3-ПК-2.1, У-ПК-2.1, В-ПК-2.1, 3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-2.3, У-ПК-2.3, |

|   |  |      |        |  |    |       |  |
|---|--|------|--------|--|----|-------|--|
|   |  |      |        |  |    |       | В-ПК-2.3, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7   |
| 2 | Микроскопия поверхности, метод термодесорбции с поверхности и возможности изучения поверхностных процессов | 9-16 | 4/12/0 |  | 25 | КИ-16 | 3-ПК-2.1, У-ПК-2.1, В-ПК-2.1, 3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7 |
|   | <i>Итого за 1 Семестр</i>  |      | 8/24/0 |  | 50 |       |  |

|  |   |  |  |  |    |   |  |
|--|---|--|--|--|----|---|--|
|  | <b>Контрольные мероприятия за 1 Семестр</b> |  |  |  | 50 | Э | 3-ПК-2.1,<br>У-ПК-2.1,<br>В-ПК-2.1,<br>3-ПК-2.2,<br>У-ПК-2.2,<br>В-ПК-2.2,<br>3-ПК-2.3,<br>У-ПК-2.3,<br>В-ПК-2.3,<br>3-ПК-3,<br>У-ПК-3,<br>В-ПК-3,<br>3-ПК-7,<br>У-ПК-7,<br>В-ПК-7 |
|--|---|--|--|--|----|---|--|

\* – 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  |
| Э           | Экзамен             |

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| Недел | Темы занятий / Содержание | Лек., | Пр./сем. | Лаб., |
|-------|---------------------------|-------|----------|-------|
|-------|---------------------------|-------|----------|-------|



| и           |  | час.                   | , час. | час. |
|-------------|--|------------------------|--------|------|
|             | <i>1 Семестр</i>   | 8                      | 24     | 0    |
| <b>1-8</b>  | <b>Спектральные методы и метод обратного резерфордовского рассеяния.</b>   | 4                      | 12     | 0    |
| 1           | <b>Введение</b><br>Современный анализ поверхности. Решаемые задачи. Место в современной науке и технологии. Анализ поверхности в плазменно-технологических и термоядерных исследованиях. Общие принципы построения приборов анализа поверхности. Анализируемые параметры.  | Всего аудиторных часов |        |      |
|             |  | 1                      | 1      | 0    |
|             |  | Онлайн                 |        |      |
|             |  | 0                      | 0      | 0    |
| 2 - 4       | <b>Вторично-ионная масс-спектрометрия (ВИМС).</b><br>Физические принципы метода. Принципиальная схема ВИМС. Возможности и принципиальные ограничения «традиционного» ВИМС. Современные модификации ВИМС. Аппаратурное оформление ВИМС с ионным и нейтральным первичками. Масс-спектрометрия вторичных нейтральных частиц (ВНМС). Вторично-ионная энергомасс-спектрометрия. Ионные зоны. Примеры проведения анализа и обработки результатов методами ВИМС. Перспективы развития методов ВИМС. | Всего аудиторных часов |        |      |
|             |  | 1                      | 5      | 0    |
|             |  | Онлайн                 |        |      |
|             |  | 0                      | 0      | 0    |
| 5 - 6       | <b>Метод обратного резерфордовского рассеяния (РОР).</b><br>Физические принципы метода. Принципиальная схема РОР. Решаемые задачи. Аппаратурное оформление современных приборов РОР. Возможности и принципиальные ограничения. Примеры проведения анализа и обработки результатов методом РОР.   | Всего аудиторных часов |        |      |
|             |  | 1                      | 3      | 0    |
|             |  | Онлайн                 |        |      |
|             |  | 0                      | 0      | 0    |
| 7 - 8       | <b>Электронная Оже-спектрометрия (ОЭС).</b><br>Физические принципы метода. Принципиальная схема. Оже-спектры, их анализ и обработка. Решаемые задачи. Возможности и принципиальные ограничения ОЭС. Современные модификации приборов. Оже-микро-анализаторы. Аппаратурное оформление. Электронно-фото (рентгеновские) анализаторы.   | Всего аудиторных часов |        |      |
|             |  | 1                      | 3      | 0    |
|             |  | Онлайн                 |        |      |
|             |  | 0                      | 0      | 0    |
| <b>9-16</b> | <b>Микроскопия поверхности, метод термодесорбции с поверхности и возможности изучения поверхностных процессов</b>  | 4                      | 12     | 0    |
| 9           | <b>Комбинированные приборы с различными методами анализа поверхности</b><br>Комбинированные приборы с различными методами анализа поверхности, в частности, ВИМС и ОЭС. Принципы построения. Аппаратурное оформление. Основные схемы использования. Возможности и ограничения.   | Всего аудиторных часов |        |      |
|             |  | 1                      | 1      | 0    |
|             |  | Онлайн                 |        |      |
|             |  | 0                      | 0      | 0    |
| 10 - 12     | <b>Электронная микроскопия.</b><br>Просвечивающие электронные микроскопы (ПЭМ). Принципиальная схема. Режимы работы. Решаемые задачи. Возможности и принципиальные ограничения. Аппаратурное оформление. Подготовка образцов. Растровые электронные микроскопы (РЭМ).  | Всего аудиторных часов |        |      |
|             |  | 1                      | 5      | 0    |
|             |  | Онлайн                 |        |      |
|             |  | 0                      | 0      | 0    |

|         |   |                        |   |   |
|---------|---|------------------------|---|---|
|         | Принципиальная схема. Режимы работы. Решаемые задачи. Возможности и принципиальные ограничения. Аппаратурное оформление. Микроскопы ультравысокого разрешения. Автоэмиссионные микроскопы. Полевые микроскопы.  |                        |   |   |
| 13 - 14 | <b>Метод термодесорбционного анализа (ТДС)</b><br>Принципиальная схема. Режимы анализа. Решаемые задачи. Возможности и принципиальные ограничения. Аппаратурное оформление.   | Всего аудиторных часов |   |   |
|         |   | 1                      | 3 | 0 |
|         |   | Онлайн                 |   |   |
|         |   | 0                      | 0 | 0 |
| 15 - 16 | <b>Изучение поверхностных процессов с применением современных методов анализа поверхности</b><br>Изучение поверхностных процессов с применением современных методов анализа поверхности ( процессы сорбции, десорбции, диффузии, изменения состава фазы, структуры, эрозия поверхности и т.п.). | Всего аудиторных часов |   |   |
|         |   | 1                      | 3 | 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               |

#### ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

| Недели | Темы занятий / Содержание  |
|--------|--|
|        | <i>1 Семестр</i>   |
| 1      | <b>Модификация поверхности твёрдых тел при ионном и плазменном воздействии</b><br>Модификация поверхности твёрдых тел при ионном и плазменном воздействии. Рост кристаллических новообразований - вискеро́в на облучаемой ионами поверхности.<br>Условия и причины появления вискеро́в. Закономерности роста и трансформации вискеро́в. Физическая модель роста вискеро́в. |
| 2      | <b>Формирование структуры конусов на облучаемой ионами поверхности</b><br>Формирование структуры конусов на облучаемой ионами поверхности. Условия появления и роста конусов и конических углублений. Этапы, закономерности и параметры роста и разрушения. Физическая модель процессов появления и роста конусов.   |
| 3      | <b>Формирование пористости на облучаемой ионами</b>  |

|   |   |
|---|---|
|   | <p><b>поверхности</b><br/> Формирование пористости на облучаемой ионами поверхности. Условия появления. Закономерности развития. Физическая модель порообразования. Распыление и модификация поверхности металлов и сплавов при высокотемпературном облучении ионами и плазмой.<br/> Причины и условия модификации поверхности металлов и сплавов при высокотемпературном облучении. Характер модификации рельефа и состава поверхности. Изменения скорости распыления и состава распылённого потока. Особенности процессов на поверхностях одно- и двухфазных сплавов.</p>                                     |
| 4 | <p><b>Модификация структур с большой поверхностной энергией</b><br/> Модификация структур с большой поверхностной энергией (На примере углеграфитовых композитов). Причины и условия модификации композитов при высокотемпературном облучении. Характер изменения структуры композита. Развитие сплошного поверхностного слоя; структура модифицированного слоя. Изменения вторично-эмиссионных, сорбционных и теплофизических параметров поверхностного слоя.<br/> Общие принципы модификации поверхности при облучении ионами и плазмой.</p>  |
| 5 | <p><b>Движущие силы, условия и направления модификации</b><br/> Движущие силы, условия и направления модификации. Сглаживание рельефа поверхности при ионной бомбардировке ("ионная полировка"). Принципы и условия ионной полировки. Модификация рельефа поверхности. Изменение состава поверхности. Эрозия и модификация поверхности соединений имеющих атомы газообразных элементов в своём составе при высокотемпературном облучении ионами и плазмой.<br/> Эрозия и модификация поверхности окислов при высокотемпературном облучении ионами и плазмой (На примере плавленного кварца).</p>                |
| 6 | <p><b>Преимущественное удаление кислорода</b><br/> Преимущественное удаление кислорода. Изменение состава и структуры поверхностного слоя. Влияние ионной бомбардировки на глубокие слои кварца. Изменение механизмов и параметров процесса распыления. Эрозия и модификация гидридов при высокотемпературном облучении ионами и плазмой (На примере гидридов циркония и титана). Преимущественное удаление водорода. Изменение состава и структуры гидрида, восстановление структуры металла. Роль поверхности как поверхностного диффузионного барьера, препятствующего выходу водорода и обеспечивающего</p> |

|    |   |
|----|---|
|    | тем самым сохранение гидрида.   |
| 7  | <p><b>Эрозия и модификация нитридов при высокотемпературном облучении ионами и плазмой</b></p> <p>Эрозия и модификация нитридов при высокотемпературном облучении ионами и плазмой (На примере нитрида бора). Преимущественное удаление азота. Изменение состава и структуры нитрида. Влияние кристаллической структуры нитрида бора на его разрушение. Особенности взаимодействия плазмы с твёрдым телом в плазменных и термоядерных установках. Эрозия поверхности униполярными дугами. Эрозия поверхности при срывах плазмы. Захват и удержание водорода и его изотопов на первой стенке термоядерных установок.</p> |
| 8  | <p><b>Методы анализа поверхности</b></p> <p>Методы анализа поверхности. Вторично-ионная масс-спектрометрия (ВИМС) "Традиционный" ВИМС. Принцип работы. Аппаратурное оформление. Решаемые задачи. Особенности, возможности и ограничения метода.</p>   |
| 9  | <p><b>"Нейтральный" ВИМС</b></p> <p>"Нейтральный" ВИМС (Нейтральные атомы в качестве первичных частиц). Принцип работы. Аппаратурное оформление. Решаемые задачи. Особенности, возможности и ограничения метода. Анализ распылённых нейтральных атомов. Принцип работы. Аппаратурное оформление. Решаемые задачи. Особенности, возможности и ограничения метода</p>   |
| 10 | <p><b>Вторично-ионная энерго-масс-спектрометрия</b></p> <p>Вторично-ионная энерго-масс-спектрометрия. Принцип работы. Аппаратурное оформление. Решаемые задачи. Особенности, возможности и ограничения метода.</p> <p>Вторично-ионная энерго-масс-спектрометрия. Принцип работы. Аппаратурное оформление. Решаемые задачи. Особенности, возможности и ограничения метода.</p>   |
| 11 | <p><b>Ионный микро-зонд</b></p> <p>Ионный микро-зонд. Принцип работы. Аппаратурное оформление. Решаемые задачи. Особенности, возможности и ограничения метода.</p> <p>Обратное Резерфордское Рассеяние (РОР). Принцип работы. Решаемые задачи. Особенности, возможности и ограничения метода.</p>   |
| 12 | <p><b>Электронная микроскопия</b></p> <p>Электронная микроскопия. Просвечивающая электронная микроскопия. Принцип работы. Аппаратурное оформление. Решаемые задачи. Особенности, возможности и ограничения метода.</p> <p>Растровая электронная микроскопия. Принцип работы. Аппаратурное оформление. Решаемые задачи. Особенности, возможности и ограничения метода</p>  |
| 13 | <p><b>Полевая электронная микроскопия</b></p> <p>Полевая электронная микроскопия. Принцип работы.</p>   |

|    |  |
|----|--|
|    | Аппаратурное оформление. Решаемые задачи. Особенности, возможности и ограничения метода.. Оже-спектрометрия.<br>"Традиционная" Оже-спектрометрия. Принцип работы. Аппаратурное оформление. Решаемые задачи. Особенности, возможности и ограничения метода.   |
| 14 | <b>Растровая Оже-спектрометрия</b><br>Растровая Оже-спектрометрия. Принцип работы. Аппаратурное оформление. Решаемые задачи. Особенности, возможности и ограничения метода. Электронная спектрометрия для химического анализа (ЭСХА). Принцип работы. Аппаратурное оформление. Решаемые задачи. Особенности, возможности и ограничения метода. |
| 15 | <b>Термо-десорбционная спектрометрия</b><br>Термо-десорбционная спектрометрия (ТДС). Принцип работы. Аппаратурное оформление. Решаемые задачи. Особенности, возможности и ограничения метода   |

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

По направлению подготовки (специальности) предусматривается широкое использование современных методов проведения учебных процессов с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов. Курс предусматривает демонстрационный материал по каждой теме занятий.

## 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-2.1      | З-ПК-2.1            | Э, КИ-8, КИ-16                    |
|             | У-ПК-2.1            | Э, КИ-8, КИ-16                    |
|             | В-ПК-2.1            | Э, КИ-8, КИ-16                    |
| ПК-2.2      | З-ПК-2.2            | Э, КИ-8, КИ-16                    |
|             | У-ПК-2.2            | Э, КИ-8, КИ-16                    |
|             | В-ПК-2.2            | Э, КИ-8, КИ-16                    |
| ПК-2.3      | З-ПК-2.3            | Э, КИ-8, КИ-16                    |
|             | У-ПК-2.3            | Э, КИ-8, КИ-16                    |
|             | В-ПК-2.3            | Э, КИ-8, КИ-16                    |
| ПК-3        | З-ПК-3              | Э, КИ-8, КИ-16                    |
|             | У-ПК-3              | Э, КИ-8, КИ-16                    |
|             | В-ПК-3              | Э, КИ-8, КИ-16                    |

|      |        |                |
|------|--------|----------------|
| ПК-7 | З-ПК-7 | Э, КИ-8, КИ-16 |
|      | У-ПК-7 | Э, КИ-8, КИ-16 |
|      | В-ПК-7 | Э, 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»                  | B           | 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        |                               | C           |   |
| 70-74        |                               | D           |   |
| 65-69        | 3 – «удовлетворительно»       | E           | 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»     | F           | 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 К24 Atomic Force Microscopy, Scanning Nearfield Optical Microscopy and Nanoscratching : Application to Rough and Natural Surfaces, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg,, 2006
2. ЭИ М96 Computational Surface and Roundness Metrology : , London: Springer London,, 2009
3. ЭИ D72 Handbook of Physical Vapor Deposition (PVD) Processing: Film Formation, Adhesion, Surface Preparation and Contamination Control : , : Elsevier, 1998
4. 533 К 65 Взаимодействие плазмы с поверхностью : Сборник научных трудов, 2017
5. ЭИ Л 12 Лабораторный практикум "Материаловедение термоядерных реакторов" : учебно-методическое пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2019
6. 620 С77 Материалы и методы нанотехнологии : учебное пособие, В. В. Старостин, Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2008
7. ЭИ Б37 Процессы в твердом теле под действием ионного и плазменного облучения : учебное пособие для вузов, Л. Б. Беграмбеков, Москва: МИФИ, 2008
8. 53 П26 Методы исследований в экспериментальной физике : учебное пособие для вузов, М. И. Пергамент, Долгопрудный: Интеллект, 2010

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.2 В62 Водород в металлах Т.1 Основные свойства, , М.: Мир, 1981
2. 539.2 В62 Водород в металлах Т.2 Прикладные аспекты, , М.: Мир, 1981
3. 533 К93 Взаимодействие плазмы с поверхностью : Учеб. пособие для вузов, В. А. Курнаев, М.: МИФИ, 2003
4. 539.1 П34 Захват ионов в твёрдое тело : Учеб.пособие по курсу "Взаимодействие атомных частиц с поверхностью", Писарев А.А., М.: МИФИ, 2003

#### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. Microsoft office (33-103)

#### LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

1. НИЯУ МИФИ (<http://www.library.mephi.ru/>)

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

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

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Масс-спектр. МИ1201Э (№ 10) (33-101)

2. Электронный микроскоп Hitachi TM-1000 (33-206)

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

Курс «Методы анализа поверхности (Methods of surface analysis)» состоит из теоретической части, на которой преподаватель дает основные понятия и определения по теме занятия, и практической части, на которой разбираются типичные примеры решения задачи и даются задания (задачи) студентам на закрепление материала.

В семестре студент может получить максимум 100 баллов: 50 баллов за работу в семестре и 50 баллов на зачете/экзамене.

Работа в семестре оценивается посредством устных опросов.

Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля и выставляется в соответствии с положением о кредитно-модульной системе.

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

Курс «Методы анализа поверхности (Methods of surface analysis)» состоит из теоретической части, на которой преподаватель дает основные понятия и определения по теме занятия, и практической части, на которой разбираются типичные примеры решения задачи и даются задания (задачи) студентам на закрепление материала.

### **Методические указания по проведению лекций**

Лекция представляет собой логическое изложение материала в соответствии с планом лекции, который сообщается студентам в начале каждой лекции, и имеет законченную форму, т. е. содержит пункты, позволяющие охватить весь материал, который требуется довести до студентов. Содержание каждой лекции имеет определенную направленность и учитывает уровень подготовки студентов. Ее цель – формирование ориентировочной основы для последующего усвоения студентами учебного материала. Главной задачей лектора является организация процесса познания студентами материала изучаемой дисциплины на всех этапах ее освоения, предусмотренных образовательным стандартом. Лекции по курсу призваны решать две основные задачи: во-первых, информативную, т.е. сообщать студенту определенный набор теоретических знаний об изучаемой области действительности, во-вторых, развивающую, т.е. способствовать выработке навыков самостоятельной познавательной деятельности, мышления и оценки на основе полученных знаний.

Для решения названных задач при подготовке лекции преподавателю необходимо:

- сформулировать цель и задачи каждой лекции;
- определить содержание лекции и план ее проведения так, чтобы это отвечало поставленным задачам лекции;
- разработать методы активизации познавательной деятельности студентов с учетом уровня знаний студентов;



- продумать возможности использования изучаемого материала в рамках других дисциплин и в практической деятельности;
- представить ссылки на источники для самостоятельного изучения материала студентами;
- по материалу лекции сформулировать задачи с целью подготовки студентов к семинарам.

Тематика и содержание лекции определяются рабочей программой изучаемой дисциплины, составленной в соответствии с образовательным стандартом направления специальности подготовки магистра.

Для передачи теоретического материала по дисциплине используются три основных типа лекций: вводная лекция, информационная лекция и обзорная лекция.

По своей структуре лекции могут быть разнообразны – это зависит от содержания и характера излагаемого материала. Однако существует общий структурный каркас, применимый к любой лекции. Прежде всего, это сообщение плана лекции студентам и строгое ему следование. В план лекции включаются наименования основных вопросов лекции, которые могут послужить базой для составления экзаменационных билетов и вопросов к зачету/экзамену. В начале изложения полезно напомнить содержание предыдущей лекции, связать его с новым материалом, определить место и назначение рассматриваемой темы в дисциплине и в системе других наук.

При раскрытии вопросов темы можно применять индуктивный метод: примеры, факты, подводящие к научным выводам; можно также использовать метод дедукции: разъяснение общих положений с последующим показом возможности их приложения на конкретных примерах. По каждому из анализируемых положений следует делать вывод.

В конце лекции необходимо подвести итог сказанному.

Излагая лекционный материал, преподаватель должен ориентироваться на то, что студенты пишут конспект. Конспект помогает внимательно слушать, лучше запоминать в процессе осмысленного записывания, обеспечивает наличие опорных материалов при подготовке к семинару, зачету, экзамену. Задача лектора – дать студентам возможность осмысленного конспектирования: слушать, осмысливать, перерабатывать, кратко записывать. Средствами, помогающими конспектированию, являются: акцентированное изложение материала лекции, использование пауз, записи на доске, демонстрации иллюстративного материала, строгое соблюдение регламента занятий.

На каждую лекцию преподавателем разрабатывается план и конспект, включающие название темы, формулировку цели и задач, перечень основных разделов лекции, краткое, структурированное в соответствии с планом, содержание излагаемого материала, а также перечень вопросов, которые будут заданы по ходу лекции с целью активизации и повторения.

В ходе лекций по дисциплине «Методы анализа поверхности (Methods of surface analysis)» предусматривается использование активных и интерактивных форм проведения занятий, в частности, применение мультимедийного проектора, а также интерактивных выступлений по принципу «вопрос – ответ», использование мела и доски, схем, таблиц и рисунков.

#### Методические указания по проведению практических занятий

Практические занятия по дисциплине «Методы анализа поверхности (Methods of surface analysis)» призваны углублять, расширять, детализировать знания, полученные на лекции в

обобщенной форме, и содействовать выработке навыков профессиональной деятельности. Они развивают инженерное и научное мышление, позволяют проверить знания студентов, привить навыки поиска, обобщения и изложения учебного материала и выступают как средство оперативной обратной связи.

В семестре студент может получить максимум 100 баллов: 50 баллов за работу в семестре и 50 баллов на зачете/экзамене.

Работа в семестре оценивается посредством учетных опросов.

Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля и выставляется в соответствии с Положением о кредитно-модульной системе.

Автор(ы):

Садовский Ярослав Алексеевич, к.ф.-м.н.

Рецензент(ы):

д.ф.-м.н., профессор МАИ, Лозаван А.А.