ИНСТИТУТ МАГИСТРАТУРЫ

КАФЕДРА ЛАЗЕРНЫХ МИКРО- И НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Утверждено на заседании кафедры  
  
протокол №\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

от «\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2014 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ ПОВЕРХНОСТИ

|  |  |
| --- | --- |
| Направление подготовки (специальность) | 14.04.02 Ядерные физика и технологии |
| Профиль подготовки (при его наличии) |  |
| Наименование образовательной программы (специализация) | Биомедицинская фотоника |
| Квалификация (степень) выпускника | Магистр |
| Форма обучения | очная |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Семестр** | **Интерактив** | **Трудоемкость, кред.** | **Общий объем курса, час.** | **Лекции, час.** | **Практич. занятия, час.** | **Лаборат. работы, час.** | **СРС, час.** | **КСР, час.** | **Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП** |
| 1 |  | 6 | 216 | 8 | 40 | 16 | 116 | 0 | Э |
| ИТОГО | 56 | 6 | 216 | 8 | 40 | 16 | 116 | 0 |  |

Группа: М01-87

Аннотация

Через изложение роли и места поверхности твердого тела в физике твердого тела, микро- и нанотехнологии, физической сущности свойств поверхности и методов ее исследования дать будущим специалистам в области микро- и нанотехнологии необходимые знания для исследовательской деятельности, разработки технологии создания микро- и наноструктур и исследования свойств наноструктур, обеспечивающих эффективное решения различных научно-технических и технологических задач.

1. Цели освоения учебной дисциплины

Через изложение роли и места поверхности твердого тела в физике твердого тела, микро- и нанотехнологии, физической сущности свойств поверхности и методов ее исследования дать будущим специалистам в области микро- и нанотехнологии необходимые знания для исследовательской деятельности, разработки технологии создания микро- и наноструктур и исследования свойств наноструктур, обеспечивающих эффективное решения различных научно-технических и технологических задач.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Содержание программы «Введение в физику поверхности» представляет собой развитие и углубление полученных ранее знаний в области физики. В ней используются основные понятия и представления, отвечающие теоретической базе, освоенной студентами при изучении дисциплин в рамках бакалавриата.

Данная дисциплина связана со следующими предшествующими дисциплинами: общая физика, квантовая механика, ядерная, атомная и молекулярная спектроскопия, оптика, физика твердого тела, разделы математики: дифференциальное и интегральное исчисления, теория рядов, уравнения математической физики, теория вероятностей и математическая статистика. Освоение данной дисциплины имеет как самостоятельное значение, демонстрирующее объединение разных физических и математических методов, изучаемых и используемых в разных разделах физики, так и освоение основ микро- и нанотехнологий.

3. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ/ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОК-1, ОК-3, ОПК-2, ПК-3

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

З1. Определение поверхности, отличия поверхности от объемного вещества, типы и виды поверхностей, методы исследования поверхности

З2. Локальные методы исследования поверхности: растровая электронная микроскопия (РЭМ), сканирующая зондовая микроскопия

З3. Нелокальные методы исследования поверхности: метод аннигиляции позитронов, электронная спектроскопия, взаимодействие ионов с поверхностью

З4. Физические и химические свойства поверхности

Уметь:

У1. Поставить задачу исследования поверхности

У2. Выбрать метод исследования поверхности в зависимости от поставленной задачи

У3. Выбирать метод обработки и анализа полученной информации

Владеть:

В1. Методами решения некорректных задач

В2. Методами калибровки РЭМ и АСМ

В3. Навыками в использовании специальных программных пакетов для калибровки РЭМ и АСМ

4. Структура и содержание учебной дисциплины

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ п.п** | **Наименование раздела учебной дисциплины** | **Недели** | **Лекции, час.** | **Практ. занятия/ семинары, час.** | **Лабораторные работы, час.** | **Обязат. текущий контроль (форма\*, неделя)** | **Аттестация раздела (форма\*, неделя)** | **Максимальный балл за раздел\*\*** |
|  | *1 семестр* |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | Локальные методы исследования поверхности | 1-4 | 2 | 10 | 16 | Т-4 | КИ, 4 | 20 |
| 2 | Физические и химические свойства поверхности | 5-10 | 3 | 15 | 0 | Т-10 | КИ, 10 | 20 |
| 3 | Нелокальные методы исследования поверхности | 11-16 | 3 | 15 | 0 | Т-16 | КИ, 16 | 10 |
|  | *Итого за 1 семестр* |  | 8 | 40 | 16 |  |  | 50 |
|  | **Контрольные мероприятия после 1 семестра** |  |  |  |  |  | Э | 50 |

\* – 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:

КИ Контроль по итогам

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Недели** | **Темы занятий / Содержание** | **Лек., час.** | **Пр./сем., час.** | **Лаб., час.** |
|  | *1 семестр* | 8 | 40 | 16 |
| 1 | **Общие вопросы физики поверхности** Области использования физики поверхности (физика, химия, биология, нано-технология. материаловедение, строительство, транспорт, в быту).  Основные этапы в истории развития физики поверхности. Роль поверхности в физических и химических процессах.  Определение поверхности. Предмет физики поверхности. Типы поверхностей – внешние, внутренние, межфазные поверхности: твердое тело-вакуум, твердое тело-газ, твердое тело-жидкость, твердое тело-твердое тело. Безрельефные и рельефные поверхности. Виды внешних поверхностей (чистые, с адсорбиро-ванными атомами, с естественным окислом). Определение нанотехнологии. Поверхность в нанотехнологии.  Методы исследования поверхности (механические, физические, химические, биологические, комбинированные).  Нанотехнология, нанодиагностика, нанометрология, средства измерений, тест-объекты. | 1 |  |  |
| 1 - 4 | **Растровая электронная микроскопия** Виды электронных микроскопов (просвечивающие, просвечивающие растро-вые, растровые).  Просвечивающий электронный микроскоп (ПЭМ). Сходства и отличия с опти-ческим микроскопом. Конструкция, схемы регистрации прошедших электронов (темное поле, светлое поле). Достоинства и недостатки ПЭМ.  Просвечивающий растровый электронный микроскоп (ПРЭМ). Сходства и от-личия от ПЭМ. Достоинства и недостатки ПРЭМ.  Растровый электронный микроскоп (РЭМ). Методы исследований, реализуемые на РЭМ (визуализация рельефа, рентгеновский микроанализ, дифракция элек-тронов, метод наведенного тока, катодолюминесценция, Оже-микроскопия). Схемы реализации методов, получаемая информация, достоинства и недостатки методов.  Взаимодействие электронов зонда с твердым телом (генерация вторичных элек-тронов и рентгеновского излучения). Области формирования сигнала.  Механизмы генерации вторичных электронов. Рассеяние электронов. Иониза-ционные потери. Вторичные медленные электроны. Обратно рассеянные элек-троны. Эффект стряхивания поверхностных электронов.  Спектр вторичных электронов. Обратно рассеянные и вторичные медленные электроны.  Применение РЭМ в нанотехнологии (визуализация рельефа наноструктур, из-мерение линейных размеров в нанодиапазоне). | 1 | 5 | 12 |
| 3 - 4 | **Сканирующая зондовая микроскопия** Типы сканирующих зондовых микроскопов (сканирующие туннельные, атом-но-силовые, сканирующие силовые, сканирующие ближнепольные оптиче-ские).  Сканирующий туннельный микроскоп (СТМ). Конструкция микроскопа. Тун-нельный контакт. Применение СТМ (визуализация рельефа, измерение локаль-ной работы выхода, измерение локальных вольтамперных характеристик, ло-кальная спектроскопия поверхностных состояний). Достоинства и недостатки СТМ.  Атомно-силовой микроскоп (АСМ). Конструкция АСМ. Кантилеверы АСМ (модели кантилеверов, параметры кантилеверов). Силы Ван-дер-Ваальса. Моды работы АСМ. Контактная мода. Бесконтактная мода. Полуконтактная мода. Достоинства и недостатки АСМ.  Сканирующая силовая микроскопия (ССМ). Электро-силовая микроскопия. Магнитно-силовая микроскопия. Достоинства и недостатки ССМ.  Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия (СБОМ). Конструкция ближнепольного микроскопа. Дальняя и ближняя зоны. Типы ближнепольных микроскопов. Оптическая ближнепольная микроскопия. Сканирующая ближ-непольная оптическая микроскопия гигантского комбинационного рассеяния. Достоинства и недостатки СБОМ. |  | 5 | 4 |
| 5 | **Кристаллические поверхности** Примитивная ячейка Вигнера-Зейтца. Двумерные решетки Браве.  Индексы Миллера. Высокоиндексные (ступенчатые) поверхности. Двумерная обратная решетка.  Структура поверхностного слоя. Запись Вуда для суперструктуры.  Модификация поверхности кристаллов (релаксация, реконструкция).  Структурные дефекты поверхности. Адатом. Модель террас, ступеней и изло-мов (Модель ТСИ). Модель формирования дислокаций несоответствия. Сингу-лярные и вицинальные поверхности. | 1 |  |  |
| 5 - 6 | **Электронные свойства поверхности** Работа выхода электронов. Методы ее измерения. Термоэлектронная эмиссия. Полевая эмиссия. Фотоэлектрический эффект. Измерение локальной работы выхода в туннельном микроскопе. Контактная разность потенциалов.  Теория функционала плотности. Поверхностные состояния. Состояния Шокли. Состояния Тамма. СТМ локальная спектроскопия поверхностных состояний. Изгиб зон у поверхности полупроводника.  Взаимодействие позитронов с поверхностью. |  | 5 |  |
| 7 - 8 | **Физико-химические процессы на поверхности** Сорбция. Абсорбция и адсорбция. Основные критерии разделения физической и химиче-ской адсорбции. Кинетические особенности физической адсорбции и хемосорбции. Мо-дель Ленгмюра.  Десорбция. Термическая десорбция. Диффузия. Атомные механизмы диффузии. | 1 | 5 |  |
| 9 - 10 | **Модификация поверхности** Планарная технология. Операции планарной технологии.  Эпитаксия. Виды эпитаксии.  Имплантация ионов.  Литография. Виды литографии.  Травление. Виды травлений.  Нанесение металлических слоев. Виды нанесений. | 1 | 5 |  |
| 11 - 12 | **Метод аннигиляции позитронов** Позитрон и позитроний (свойства и методы получения). Стадии экспериментов с позитронами (испускание позитронов, торможение позитронов, диффузия по-зитронов, взаимодействие медленных позитронов в веществе, аннигиляция по-зитронов, регистрация аннигиляционного излучения).  Источники позитронов (-распад, рождение электрон-позитронных пар).  Замедление позитронов (монохроматические позитроны и позитроны с непре-рывным спектром). Термолизация позитронов.  Диффузия позитронов в присутствии электрического поля.  Механизмы взаимодействия позитронов с поверхностью. Работа выхода пози-тронов. Конвертор и модератор позитронов (конструкция, свойства, примене-ние).  Методы исследования с помощью позитронов (угловые распределения анниги-ляционных фотонов, спектроскопия времени жизни позитронов, спектроскопия пучков медленных позитронов).  Угловые распределения аннигиляционных фотонов (УРАФ). Конструкция прибора. Физическая сущность параболической и гауссовской составляющих УРАФ. УРАФ металлов. Определение энергии Ферми.  Спектроскопия времени жизни позитронов (СВЖП). Конструкция прибора. Связь времени жизни позитронов и позитрония с радиусом нанопор. Диапазон измеряемых размеров нанопор.  Спектроскопия пучков медленных позитронов (СПМП). Конструкция прибора. Информация, получаемая с помощью метода СПМП. | 1 | 5 |  |
| 13 | **Дифракция** Дифракция медленных электронов (ДМЭ). Построение Эвальда для ДМЭ.  Дифракция быстрых электронов на отражение. Контроль процессов напыления и эпитаксии.  Рентгеновская дифракция под скользящими углами. Угол полного внешнего отражения.  Малоугловое рассеяние рентгеновских лучей (МУРРЛ). Принцип работы МУРРЛ. Измеряемые параметры структур наноэлектроники. | 1 |  |  |
| 13 - 14 | **Электронная спектроскопия** Методы детектирования электронов. Взаимодействие электронов с поверхно-стью. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов. Плаз-менные колебания. Оже-спектроскопия. Получение спектров dN/dE. Фотоэлек-тронная спектроскопия. |  | 5 |  |
| 15 | **Оптические методы исследования поверхности** Измерение длины диффузии неосновных носителей заряда в кремнии.  Эллипсометрия.  Отражение и преломление света. Закон Брюстера. Полное внутреннее отражение.  Ближнепольная оптическая микроскопия. Гигантское комбинационное рассеяние. | 1 |  |  |
| 15 - 16 | **Взаимодействие ионов с поверхностью** Виды взаимодействий ионов с твердым телом.  Потери энергии ионами. Взаимодействие с ядрами. Взаимодействие с электронами. Обменное взаимодейст-вие.  Вторичная ионная масс-спектрометрия.  Имплантация ионов.  Резерфордовское обратное рассеяние ионов. Затенение. Блокировка. Каналирование. Распыление.  Полное внешнее отражение ионов от поверхности. |  | 5 |  |

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

|  |  |
| --- | --- |
| **Недели** | **Темы занятий / Содержание** |
|  | *1 семестр* |
| 1 | **Виртуальный растровый электронный микроскоп** В лабораторной работе изучаются цели и задачи виртуальных измерительных приборов и методы их построения. Рассматриваются цели и задачи виртуального РЭМ и методы его реализации. Осуществляется знакомство с работой виртуального РЭМ, созданного на основе симулятора.  В практической части работы осуществляется генерация изображения тест-объекта для калибровки РЭМ в виде рельефных выступов и канавок с трапециевидным профилем и большими углами наклона боковых стенок. Осуществляется генерация изображений выступа или канавки с трапециевидными профилями и малыми углами наклона боковых стенок для измерения размеров этих структур. |
| 2 | **Калибровка растрового электронного микроскопа** В лабораторной работе изучаются физические принципы, на которых основана калибровка РЭМ. Описываются два метода калибровки РЭМ с помощью тест-объектов с трапециевидным профилем и большими углами наклона боковых стенок.  В практической части работы осуществляется калибровка РЭМ двумя методами с использованием сгенерированного на виртуальном РЭМ изображения тест-объекта. Определяется какой метод дает лучшие результаты. |
| 3 | **Измерение на РЭМ линейных размеров рельефных микро- и наноструктур** В лабораторной работе изучаются физические принципы, на которых основаны измерения на РЭМ линейных размеров рельефных структур с трапециевидным профилем и малыми углами наклона боковых стенок, используемыми в технологии наноэлектроники. Описывается метод измерения с помощью дефокусировки зонда РЭМ.  В практической части работы осуществляется измерение линейных размеров с использованием сгенерированных на виртуальном РЭМ изображений рельефных структур, имеющих трапециевидный профиль с малыми углами наклона боковых стенок, методом дефокусировки электронного зонда РЭМ. |
| 4 | **Калибровка атомно-силового микроскопа** В лабораторной работе изучаются физические принципы, на которых основана калибровка АСМ. Описываются методы калибровки АСМ по двум и трем координатам с использованием одного аттестованного размера и метод измерения неортогональности Z-сканера..  В практической части работы осуществляется калибровка АСМ по двум и трем координатам и измерение неортогональности Z-сканера. |

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

|  |  |
| --- | --- |
| **Недели** | **Темы занятий / Содержание** |
|  | *1 семестр* |
|  | **Электронная микроскопия в нанотехнологии** Просвечивающая электронная микроскопия. Растровая электронная микроскопия (РЭМ). Форми-рование электронного зонда РЭМ. Методы исследования, реализуемые на РЭМ. Визуализация рельефа. Рентгеновский микроанализ. Дифракция электронов. Метод наведенного тока. Оже-микроскопия. Механизмы генерации вторичных электронов. Рассеяние электронов. Ионизацион-ные потери. Вторичные медленные электроны. Обратно рассеянные электроны. Эффект стряхива-ния поверхностных электронов. Параметры РЭМ. Линейность сканирования РЭМ. Разрешение РЭМ. Увеличение РЭМ. Метка на изображении. Электронный и эффективный зонды. Параметры электронного зонда Тест-объекты для калибровки РЭМ. Калибровка РЭМ. Калибровка по 1 и 2 координатам. Калибровка в широком диапазоне увеличений. Проблемы формирования и анализа изображения в РЭМ. Моделирование изображений в РЭМ. |
|  | **Сканирующая зондовая микроскопия** Туннельная микроскопия. Визуализация рельефа. Измерение локальной работы выхода. Измере-ние локальных вольтамперных характеристик. Локальная спектроскопия поверхностных состоя-ний. Атомно-силовая микроскопия (АСМ). Конструкция АСМ. Сканеры. Кантилеверы АСМ. Ре-гистрация сигнала. Моды работы АСМ. Контактная мода АСМ. Бесконтактная мода АСМ. Полу-контактная мода АСМ. Формирование сигнала в АСМ. Дифференцирование сигналов АСМ. Ка-либровка АСМ. Калибровка по 1, 2 и 3 координатам. Измерение радиуса острия кантилевера. Из-мерение неортогональности Z-сканера. Измерение линейности сканирования. Измерение линей-ных размеров на атомно-силовых микроскопах. Нормативное обеспечение работы АСМ (государ-ственные стандарты). Сканирующая силовая микроскопия. Электро-силовая микроскопия. Маг-нитно-силовая микроскопия. Сканирующая ближнепольная микроскопия. Конструкция ближне-польного микроскопа. Типы ближнепольных микроскопов. Оптическая ближнепольная микроско-пия. Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия гигантского комбинационного рас-сеяния. |
|  | **Модификация поверхности** Планарная технология. Операции планарной технологии.  Эпитаксия. Виды эпитаксии.  Имплантация ионов.  Литография. Виды литографии.  Травление. Виды травлений.  Нанесение металлических слоев. Виды нанесений. |
|  | **Электронные свойства поверхности** Работа выхода электронов. Методы ее измерения. Термоэлектронная эмиссия. Полевая эмиссия. Фотоэлектрический эффект. Измерение локальной работы выхода в туннельном микроскопе. Контактная разность потенциалов.  Теория функционала плотности. Поверхностные состояния. Состояния Шокли. Состояния Тамма. СТМ локальная спектроскопия поверхностных состояний. Изгиб зон у поверхности полупроводника.  Взаимодействие позитронов с поверхностью. |
|  | **Физико-химические процессы на поверхности** Сорбция. Абсорбция и адсорбция. Основные критерии разделения физической и химиче-ской адсорбции. Кинетические особенности физической адсорбции и хемосорбции. Мо-дель Ленгмюра.  Десорбция. Термическая десорбция. Диффузия. Атомные механизмы диффузии. |
|  | **Метод аннигиляции позитронов** Позитрон и позитроний (свойства и методы получения). Стадии экспериментов с позитронами (испускание позитронов, торможение позитронов, диффузия по-зитронов, взаимодействие медленных позитронов в веществе, аннигиляция по-зитронов, регистрация аннигиляционного излучения).  Источники позитронов (-распад, рождение электрон-позитронных пар).  Замедление позитронов (монохроматические позитроны и позитроны с непре-рывным спектром). Термолизация позитронов.  Диффузия позитронов в присутствии электрического поля.  Механизмы взаимодействия позитронов с поверхностью. Работа выхода пози-тронов. Конвертор и модератор позитронов (конструкция, свойства, примене-ние).  Методы исследования с помощью позитронов (угловые распределения анниги-ляционных фотонов, спектроскопия времени жизни позитронов, спектроскопия пучков медленных позитронов).  Угловые распределения аннигиляционных фотонов (УРАФ). Конструкция прибора. Физическая сущность параболической и гауссовской составляющих УРАФ. УРАФ металлов. Определение энергии Ферми.  Спектроскопия времени жизни позитронов (СВЖП). Конструкция прибора. Связь времени жизни позитронов и позитрония с радиусом нанопор. Диапазон измеряемых размеров нанопор.  Спектроскопия пучков медленных позитронов (СПМП). Конструкция прибора. Информация, получаемая с помощью метода СПМП. |
|  | **Электронная спектроскопия** Работа выхода электронов. Методы ее измерения. Термоэлектронная эмиссия. Полевая эмиссия. Фотоэлектрический эффект. Измерение локальной работы выхода в туннельном микроскопе. Контактная разность потенциалов.  Теория функционала плотности. Поверхностные состояния. Состояния Шокли. Состояния Тамма. СТМ локальная спектроскопия поверхностных состояний. Изгиб зон у поверхности полупроводника.  Взаимодействие позитронов с поверхностью. |
|  | **Взаимодействие ионов с поверхностью** Виды взаимодействий ионов с твердым телом.  Потери энергии ионами. Взаимодействие с ядрами. Взаимодействие с электронами. Обменное взаимодейст-вие.  Вторичная ионная масс-спектрометрия.  Имплантация ионов.  Резерфордовское обратное рассеяние ионов. Затенение. Блокировка. Каналирование. Распыление.  Полное внешнее отражение ионов от поверхности. |

5. Образовательные технологии

При освоении данной дисциплины основную роль играют аудиторные занятия в виде лекций и семинаров, а также самостоятельная работа студентов, заключающаяся в выполнении домашнего задания, повторения ранее пройденного материала.

6. ТРЕБОВАНИЯ К ФОНДУ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ В РАМКАХ РЕАЛИЗУЕМОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Курс "Введение в физику поверхности" рассчитан на один семестр, преподается в 1-м семестре магистратуры и разделен на три раздела:

1. Локальные методы исследования поверхности

2. Физические и химические свойства поверхности

3. Нелокальные методы исследования поверхности

По завершении каждого раздела студентам будет предложено пройти Обязательный Текущий Контроль (ОТК), проводимый в виде теста.

По результатам ответов на вопросы теста студентам начисляются баллы.

Максимальное количество баллов, которые возможно набрать по окончанию первого, второго и третьего разделов - 20, 20 и 10 соответственно.

Тестовые задания приведены в Фонде Оценочных Средств по данной дисциплине, являющимся неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины «Введение в физику поверхности»

На решение тестовых заданий студенту отводится 10 минут.

Если студент не набирает 50% баллов по результатам теста, то задание считается незасчитанным и у студента образуется долг, который должен быть закрыт в течение семестра или на зачетной неделе.

Таким образом, к экзамену студент может максимально набрать 50 баллов.

Экзамен проводится в виде ответов на вопросы экзаменационного билета. Максимальное время подготовки ответа - 1 час.

Экзаменационные вопросы и билеты приведены в Фонде Оценочных Средств по данной дисциплине, являющимся неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины «Введение в физику поверхности»

По результатам экзамена студент может получить максимально 50 баллов.

Баллы, полученные за экзамен суммируются с баллами, полученными по результатам Обязательного Текущего Контроля.

Итого, максимальное количество баллов, которые может получить студент по данной дисциплине составляет 100.

Итоговая оценка промежуточного контроля по дисциплине определяется на основании набранных баллов по следующей таблице:

Отлично (A) - 90-100 баллов

Хорошо (D, C, B) - 70-89 баллов

Удовлетворительно (E, D) - 60-69 баллов

Неудовлетворительно (F) - менее 60 баллов

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

а) ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Ф50 Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела : учебное пособие для вузов, В. И. Троян [и др.], Москва: МИФИ, 2008

2. 539.2 Ф50 Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела : учебное пособие для вузов, В. И. Троян [и др.], Москва: МИФИ, 2008

3. 621.38 С38 Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия : , Д. Синдо, Т. Оикава, Москва: Техносфера, 2006

б) ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

в) ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

Специальное программное обеспечение не требуется

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ по направлению подготовки (специальности) 14.04.02 Ядерные физика и технологии.

Авторы:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Новиков Юрий Алексеевич д.ф.-м.н. с.н.с. | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  (подпись) |

Рецензент(ы):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  (подпись) |