

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 30.01.2023 16:41:18

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98bc3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

### Тонкопленочные материалы

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

Направление подготовки

03.04.02 ФИЗИКА

Профиль

Физика конденсированного состояния

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 3

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

39

часов на контроль

54

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр<br>(<Курс>.<Семестр на<br>курсе>) | 3 (2.1) |     | Итого |     |
|---|---------|-----|-------|-----|
|   | 20      |     |       |     |
| Неделя                                    | УП      | РП  | УП    | РП  |
| Вид занятий                               | УП      | РП  | УП    | РП  |
| Лекции                                    | 17      | 17  | 17    | 17  |
| Практические                              | 34      | 34  | 34    | 34  |
| Итого ауд.                                | 51      | 51  | 51    | 51  |
| Контактная работа                         | 51      | 51  | 51    | 51  |
| Сам. работа                               | 39      | 39  | 39    | 39  |
| Часы на контроль                          | 54      | 54  | 54    | 54  |
| Итого                                     | 144     | 144 | 144   | 144 |

Программу составил(и):

*дфмн, профессор, Вяткин А.Ф.*

Рабочая программа

**Тонкопленочные материалы**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 03.04.02 ФИЗИКА (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

03.04.02 ФИЗИКА, 03.04.02-МФ3-22-1.plx Физика конденсированного состояния, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

03.04.02 ФИЗИКА, Физика конденсированного состояния, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра физического материаловедения**

Протокол от 11.04.2022 г., №8-04

Руководитель подразделения Савченко Александр Григорьевич

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

|     |  |
|-----|--|
| 1.1 | Сформировать компетенции, предусмотренные учебным планом, освоить физику процессов взаимодействия лазерных, электронных и ионных пучков с поверхностью твердых тел, получить навыки формирования тонкопленочных структур и покрытий с использованием этих пучков, определить место острогофокусированных пучков электронов и ионов в производстве латеральных наноструктур с уникальными свойствами. |
|-----|--|

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| Блок ОП:   |  | Б1.В.ДВ.06 |
| <b>2.1</b> | <b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>   |            |
| 2.1.1      | Методы исследования материалов   |            |
| 2.1.2      | Неравновесные конденсированные системы (II)  |            |
| 2.1.3      | Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности.<br>Научно-исследовательская практика |            |
| 2.1.4      | Технологии получения материалов  |            |
| 2.1.5      | Экспериментальные методы физики твердого тела  |            |
| 2.1.6      | Атомно-кристаллическая структура твердых фаз   |            |
| 2.1.7      | Неравновесные конденсированные системы (I)   |            |
| 2.1.8      | Специальный физический практикум   |            |
| 2.1.9      | Фазовое равновесие в многокомпонентных системах  |            |
| 2.1.10     | Динамика решетки и электрон-фононное взаимодействие в твердых телах  |            |
| 2.1.11     | Дифракционные и спектроскопические методы исследования твердых тел   |            |
| 2.1.12     | Информационно-аналитические системы в материаловедении   |            |
| 2.1.13     | Системы накопления и хранения электрической энергии  |            |
| 2.1.14     | Физика магнитных явлений. Часть 1. Основы магнетизма   |            |
| 2.1.15     | Физика магнитных явлений. Часть 2. Магнетизм веществ   |            |
| 2.1.16     | Физические методы исследований   |            |
| 2.1.17     | Компьютерное моделирование в физическом материаловедении   |            |
| 2.1.18     | Магнитные материалы  |            |
| 2.1.19     | Методы теории электронной структуры твердых тел  |            |
| <b>2.2</b> | <b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>                      |            |
| 2.2.1      | Научно-педагогическая практика   |            |
| 2.2.2      | Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы  |            |
| 2.2.3      | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы   |            |

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

|   |
|---|
| <b>ОПК-4:</b> Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности, демонстрировать практические навыки для решения сложных задач, выполнения сложного проектирования, а также проведения комплексных исследований, знание экономических, организационных и управленческих вопросов, таких как: управление проектами, рисками и изменениями |
| <b>Знать:</b>   |
| ОПК-4-31 этапы проведения комплексных исследований для решения материаловедческих задач   |
| <b>ПК-2:</b> Способен проводить экспериментальные исследования и компьютерное моделирование физических процессов, в том числе, в рамках научно-исследовательских, опытно-технологических или опытно-конструкторских работ выполняемых в рамках тематик организаций.   |
| <b>Знать:</b>   |
| ПК-2-31 основы моделирования физических процессов   |
| <b>ОПК-1:</b> Способен применять фундаментальные знания в области физики, знания в междисциплинарных областях для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности  |
| <b>Знать:</b>   |
| ОПК-1-31 основы технологических процессов взаимодействия лазерных, электронных и ионных пучков с твердыми телами  |

|   |
|---|
| <b>ПК-2: Способен проводить экспериментальные исследования и компьютерное моделирование физических процессов, в том числе, в рамках научно-исследовательских, опытно-технологических или опытно-конструкторских работ выполняемых в рамках тематик организаций.</b>   |
| <b>Уметь:</b>   |
| ПК-2-У1 применять полученные знания для прогнозирования и анализа влияния параметров облучения на физические свойства материалов.   |
| <b>ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания в области физики, знания в междисциплинарных областях для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности</b>  |
| <b>Уметь:</b>   |
| ОПК-1-У1 применять современные методы структурного анализа материалов для решения материаловедческих и физических задач;  |
| ОПК-1-У2 анализировать информацию о закономерностях изменения физических свойств твердых тел при их облучении высокоэнергетическими пучками;  |
| <b>ПК-2: Способен проводить экспериментальные исследования и компьютерное моделирование физических процессов, в том числе, в рамках научно-исследовательских, опытно-технологических или опытно-конструкторских работ выполняемых в рамках тематик организаций.</b>   |
| <b>Владеть:</b>   |
| ПК-2-В1 опытом оценки влияния различных факторов облучения на уровень и закономерности физических свойств материалов;   |
| ПК-2-В2 навыками использования методов определения физических свойств тонких пленок и покрытий, техники проведения экспериментов и статистической обработки экспериментальных данных  |
| <b>ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания в области физики, знания в междисциплинарных областях для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности</b>  |
| <b>Владеть:</b>   |
| ОПК-1-В1 опытом применения на практике методов радиационной обработки и анализа экспериментальной физической информации;  |
| <b>ОПК-4: Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности, демонстрировать практические навыки для решения сложных задач, выполнения сложного проектирования, а также проведения комплексных исследований, знание экономических, организационных и управленческих вопросов, таких как: управление проектами, рисками и изменениями</b> |
| <b>Владеть:</b>   |
| ОПК-4-В1 навыками для решения сложных задач и многоуровневого проектирования  |

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/                              | Семестр / Курс | Часов | Формируемые индикаторы компетенций | Литература и эл. ресурсы                          | Примечание | КМ | Выполняемые работы |
|-------------|--|----------------|-------|------------------------------------|---|------------|----|--------------------|
|             | <b>Раздел 1. Основы физики лазерного излучения</b>                     |                |       |                                    |   |            |    |                    |
| 1.1         | Активная среда, атомные процессы, ответственные за работу лазера /Лек/ | 3              | 1     | ОПК-1-31 ПК-2-У1                   | Л1.1<br>Л1.2Л2.2Л3.1<br>Л3.2                      |            |    |                    |
| 1.2         | Лазерная накачка. Создание инверсной населенности /Лек/                | 3              | 1     | ОПК-1-31 ПК-2-У1                   | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3Л2.2Л3.1<br>Л3.2                 |            |    |                    |
| 1.3         | Оптическая обратная связь. Лазерный резонатор /Лек/                    | 3              | 1     | ОПК-1-31 ПК-2-У1                   | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3Л2.1<br>Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 |            |    |                    |
| 1.4         | Свойства лазерного излучения /Лек/                                     | 3              | 1     | ОПК-1-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1           | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3Л2.2Л3.1<br>Л3.2                 |            |    |                    |
| 1.5         | Характеристики лазерного излучения /Лек/                               | 3              | 1     | ОПК-1-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1           | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3Л2.2Л3.1<br>Л3.2                 |            |    |                    |

|      |  |   |    |   |   |  |     |    |
|------|--|---|----|---|---|--|-----|----|
| 1.6  | Типы лазеров. Газовые лазеры /Лек/   | 3 | 1  | ОПК-1-31 ПК-2-У1  | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3Л2.2Л3.1<br>Л3.2         |  |     |    |
| 1.7  | Твердотельные лазеры. Лазеры будущего /Лек/  | 3 | 1  | ОПК-1-31 ПК-2-У1  | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3Л2.2Л3.1<br>Л3.2         |  |     |    |
| 1.8  | Проработка лекционного материала /Ср/  | 3 | 10 | ОПК-1-31<br>ОПК-4-31<br>ОПК-4-В1 ПК-2-У1                                | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3Л2.1<br>Л2.2Л3.1<br>Л3.2 |  |     |    |
| 1.9  | Подготовка к контрольной работе №1 /Ср/  | 3 | 2  | ОПК-1-31<br>ОПК-1-У2<br>ОПК-4-В1 ПК-2-У1                                | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3Л2.1<br>Л2.2Л3.1<br>Л3.2 |  | КМ1 |    |
| 1.10 | Контрольная работа №1 /Ср/   | 3 | 2  | ОПК-1-31<br>ОПК-1-У2 ПК-2-У1  | Л1.1<br>Л1.2Л2.2Л3.1<br>Л3.2              |  | КМ1 |    |
|      | <b>Раздел 2. Взаимодействие лазерных и электронных пучков с поверхностью твердых тел</b>                                   |   |    |   |   |  |     |    |
| 2.1  | Физические основы взаимодействия лазерных и электронных пучков с твердыми телами /Лек/                                     | 3 | 1  | ОПК-1-31<br>ОПК-1-У2<br>ОПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1<br>ПК-2-В1 ПК-2-В2     | Л1.1<br>Л1.2Л2.2Л3.1<br>Л3.2 Л3.3         |  |     |    |
| 2.2  | Тепловые эффекты. Нагрев под действием лазерных и электронных пучков /Лек/   | 3 | 1  | ОПК-1-31<br>ОПК-1-У1<br>ОПК-1-У2<br>ОПК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1            | Л1.1<br>Л1.2Л2.2Л3.1<br>Л3.2 Л3.3         |  |     |    |
| 2.3  | Плавление и испарение твердых тел под действием лазерных и электронных пучков /Лек/  | 3 | 1  | ОПК-1-31<br>ОПК-1-У1<br>ОПК-1-У2<br>ОПК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1            | Л1.1<br>Л1.2Л2.2Л3.1<br>Л3.2 Л3.3         |  |     |    |
| 2.4  | Применение лазерных и электронных пучков в обработке поверхности материалов /Лек/  | 3 | 1  | ОПК-1-31<br>ОПК-1-У1<br>ОПК-1-У2<br>ОПК-4-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1<br>ПК-2-В2 | Л1.1<br>Л1.2Л2.2Л3.1<br>Л3.2 Л3.3         |  |     |    |
| 2.5  | Проработка лекционного материала /Ср/  | 3 | 6  | ОПК-1-31<br>ОПК-1-У1<br>ОПК-1-У2<br>ОПК-4-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1            | Л1.1<br>Л1.2Л2.2Л3.1<br>Л3.2 Л3.3         |  |     |    |
| 2.6  | Подготовка к контрольной работе 2 /Ср/   | 3 | 2  | ОПК-1-31<br>ОПК-4-В1 ПК-2-У1  | Л1.1<br>Л1.2Л2.2Л3.1<br>Л3.2 Л3.3         |  |     |    |
| 2.7  | Измерение параметров зоны лазерного воздействия, структуры и микротвердости быстрорежущей стали твердотельным лазером /Пр/ | 3 | 17 | ОПК-1-31<br>ОПК-4-31<br>ОПК-4-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1                        | Л1.1<br>Л1.2Л2.2Л3.1<br>Л3.2 Л3.3         |  | КМ2 | Р1 |
|      | <b>Раздел 3. Взаимодействие ионных пучков с твердыми телами</b>  |   |    |   |   |  |     |    |
| 3.1  | Движение ускоренных ионов в веществе. Торможение и рассеяние ионов /Лек/   | 3 | 1  | ОПК-1-31 ПК-2-У1  | Л1.1<br>Л1.2Л2.2Л3.1<br>Л3.2 Л3.3         |  |     |    |

|      |  |   |    |  |   |  |     |    |
|------|--|---|----|--|---|--|-----|----|
| 3.2  | Пробеги ионов в твердом теле и их распределение /Лек/  | 3 | 1  | ОПК-1-31 ПК-2-У1                                 | Л1.1<br>Л1.2Л2.2Л3.1<br>Л3.2 Л3.3         |  |     |    |
| 3.3  | Образование радиационных дефектов при ионном облучении твердых тел /Лек/   | 3 | 1  | ОПК-1-31<br>ОПК-1-У2<br>ОПК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В2 | Л1.1<br>Л1.2Л2.2Л3.1<br>Л3.2 Л3.3         |  |     |    |
| 3.4  | Обратное рассеяние ионов /Лек/   | 3 | 1  | ОПК-1-31 ПК-2-У1                                 | Л1.1<br>Л1.2Л2.2Л3.1<br>Л3.2 Л3.3         |  |     |    |
| 3.5  | Каналирование ионов в кристалле /Лек/  | 3 | 1  | ОПК-1-31 ПК-2-У1                                 | Л1.1<br>Л1.2Л2.2Л3.1<br>Л3.2 Л3.3         |  |     |    |
| 3.6  | Распыление твердых тел ионной бомбардировкой /Лек/   | 3 | 1  | ОПК-1-31 ПК-2-У1 ПК-2-В2                         | Л1.1<br>Л1.2Л2.2Л3.1<br>Л3.2 Л3.3         |  |     |    |
| 3.7  | Проработка лекционного материала /Ср/  | 3 | 10 | ОПК-1-31<br>ОПК-4-31 ПК-2-У1                     | Л1.1<br>Л1.2Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3 |  |     |    |
| 3.8  | Подготовка к практическому занятию /Ср/  | 3 | 3  | ОПК-1-31<br>ОПК-4-В1 ПК-2-У1                     | Л1.1<br>Л1.2Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3 |  |     |    |
| 3.9  | Измерение состава остаточной атмосферы в сверхвысоковакуумной камере с помощью монопольного масс-спектрометра /Пр/ | 3 | 17 | ОПК-1-31<br>ОПК-1-У1<br>ОПК-4-31 ПК-2-У1         | Л1.1<br>Л1.2Л2.2Л3.1<br>Л3.2 Л3.3         |  |     | Р2 |
| 3.10 | Подготовка к контрольной работе №3 /Ср/  | 3 | 2  | ОПК-1-31<br>ОПК-4-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В2             | Л1.1<br>Л1.2Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3 |  | КМ3 |    |
| 3.11 | Контрольная работа №3 /Ср/   | 3 | 2  | ОПК-1-31<br>ОПК-4-31 ПК-2-31 ПК-2-У1             | Л1.1<br>Л1.2Л2.2Л3.1<br>Л3.2 Л3.3         |  | КМ3 |    |

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

| Код КМ | Контрольное мероприятие | Проверяемые индикаторы компетенций | Вопросы для подготовки |
|--------|-------------------------|------------------------------------|------------------------|
|--------|-------------------------|------------------------------------|------------------------|

|     |   |                           |   |
|-----|---|---------------------------|---|
| КМ1 | Контрольная работа 1<br>Лазерные пучки (принципы работы, свойства и характеристики, типы лазеров) | ОПК-1-31;ОПК-1-У2;ПК-2-У1 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Что такое активная среда?</li> <li>2 Атомные процессы, ответственные за работу лазера</li> <li>3 Лазерная накачка</li> <li>4 Чем отличается инверсная населенность от обычной населенности?</li> <li>5 В чем сущность оптической обратной связи?</li> <li>6 Как устроен лазерный резонатор?</li> <li>7 В чем проявляется направленность лазерного излучения?</li> <li>8 Как определяется яркость лазерного излучения?</li> <li>9 Опишите явление называемое монохроматичность.</li> <li>10 Опишите сущность когерентности лазерного излучения.</li> <li>11 Опишите явление поляризации лазерного излучения.</li> <li>12 Дайте основные представления о механизмах уширения лазерного излучения.</li> <li>13 Что такое лазерные моды?</li> <li>14 Опишите временные характеристики лазерного излучения</li> <li>15 Как могут быть представлены пространственные характеристики?</li> <li>16 До какого предела может быть сфокусировано лазерное излучение?</li> <li>17 Как устроены газовые атомные лазеры?</li> <li>18 Физика ионных лазеров</li> <li>19 Как работают молекулярные лазеры?</li> <li>20 В чем сущность работы химических лазеров?</li> <li>21 Какова физика полупроводниковых лазеров?</li> <li>22 Что значит термин лазер на красителях?</li> <li>23 Чем нормальные колебания в теории Дебая отличаются от колебаний атомов в теории Эйнштейна?</li> <li>24 В чем привлекательность лазеров с квантовыми ямами?</li> <li>25 В чем состоят основные процессы при взаимодействии лазерного излучения с тонкими пленками и покрытиями?</li> <li>26 Какие тепловые эффекты реализуются при лазерном облучении тонких пленок и покрытий?</li> <li>27 Нагрев в отсутствии фазового перехода.</li> <li>28 Как формулируются основы решения тепловых задач?</li> <li>29 Как реализуется плавление тонких пленок и покрытий под действием лазерного излучения?</li> <li>30 В чем особенности испарения тонких пленок и покрытий под действием лазерного излучения?</li> <li>31 Как объясняется образование ударных волн при лазерном облучении твердых тел?</li> <li>32 Как реализуется закалка сталей с помощью лазерного излучения?</li> <li>33 Опишите, как происходит образование аморфных структур в тонких пленках и покрытиях при лазерном облучении?</li> <li>34 Как растут тонкие пленки при лазерном осаждении?</li> <li>35 Как реализуется лазерное легирование?</li> <li>36 В чем сущность лазерного отжига полупроводников?</li> </ol> |
| КМ2 | Контрольная работа 2<br>«Электронные пучки»;  | ОПК-1-31;ОПК-4-31;ПК-2-31 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Перечислите основные типы электронных источников?</li> <li>2 Опишите основные физические процессы, сопровождающие взаимодействие электронных пучков с тонкими пленками и покрытиями.</li> <li>3 Как описывается нагрев тонких пленок и покрытий электронными пучками?</li> <li>4 В чем отличие и подобие нагрева твердых тел электронными и лазерными пучками?</li> <li>5 Как отражается в решении тепловых задач отличие в параметрах электронных и лазерных пучков?</li> <li>6 Как происходит плавление тонких пленок и покрытий под действием электронных пучков?</li> <li>7 «Кинжальное» проплавление под действием электронных пучков?</li> <li>8 Какие основные процессы происходят при испарении тонких пленок и покрытий под действием электронных пучков?</li> </ol>  |

|     |                                      |                                   |  |
|-----|--------------------------------------|-----------------------------------|--|
| КМЗ | Контрольная работа 3 «Ионные пучки». | ОПК-4-31;ОПК-1-31;ПК-2-31;ПК-2-У1 | <p>1 Перечислите основные процессы, сопровождающие взаимодействие ионных пучков с тонкими пленками и покрытиями.</p> <p>2 Как представляется движение ускоренных ионов в веществе?</p> <p>3 Что такое торможение и рассеяние ионов в твердых телах?</p> <p>4 Что называется пробегом иона в твердом теле?</p> <p>5 Каково распределение ионов в твердом теле?</p> <p>6 Как происходит образование радиационных дефектов в твердом теле при ионном облучении?</p> <p>7 Какие типы дефектов образуются при ионном облучении твердых тел?</p> <p>8 Какие вторичные процессы происходят при образовании дефектов?</p> <p>9 В чем заключаются основы обратного рассеяния ионов?</p> |
|-----|--------------------------------------|-----------------------------------|--|

### 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

| Код работы | Название работы  | Проверяемые индикаторы компетенций | Содержание работы |
|------------|--|------------------------------------|-------------------|
| P1         | Измерение параметров зоны лазерного воздействия, структуры и микротвердости быстрорежущей стали твердотельным лазером /Пр/ | ОПК-4-31;ОПК-4-В1;ОПК-1-31;ПК-2-31 | Решение задач     |
| P2         | Измерение состава остаточной атмосферы в сверхвысоковакуумной камере с помощью монопольного масс-спектрометра /Пр/         | ОПК-4-31;ОПК-1-У1                  | Решение задач     |

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя экзамен. Экзаменационный билет содержит 3 теоретических вопроса.

Пример экзаменационного билета приведен в приложении.

### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

Оценка «не явка» – обучающийся на экзамен не явился.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

|      | Авторы, составители | Заглавие                          | Библиотека             | Издательство, год            |
|------|---------------------|-----------------------------------|------------------------|------------------------------|
| Л1.1 | Неволин В. К.       | Квантовая физика и нанотехнологии | Электронная библиотека | Москва: РИЦ Техносфера, 2013 |



|      | Авторы, составители   | Заглавие  | Библиотека             | Издательство, год  |
|------|---|---|------------------------|--|
| Л1.2 | Кондратьева О. И.,<br>Старостина И. А.,<br>Казанцев С. А.,<br>Бурдова Е. В. | Волновая оптика и квантовая физика: учебное пособие | Электронная библиотека | Казань: Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2010 |
| Л1.3 | Малюков С. П.,<br>Саенко А. В.,<br>Клунникова Ю. В.,<br>Палий А. В.         | Лазеры в микро- и нанoeлектронике: учебное пособие  | Электронная библиотека | Ростов-на-Дону, Таганрог: Южный федеральный университет, 2018                        |

### 6.1.2. Дополнительная литература

|      | Авторы, составители                                | Заглавие  | Библиотека             | Издательство, год  |
|------|--|---|------------------------|--|
| Л2.1 | Корнеева Ю. П.,<br>Корнеев А. А.,<br>Семенов А. В. | Квантовая эффективность сверхпроводникового однофотонного детектора на основе тонкой пленки NbN: монография | Электронная библиотека | Москва: Московский педагогический государственный университет (МПГУ), 2015 |
| Л2.2 | Иродов И. Е.                                       | Квантовая физика: основные законы: учебное пособие  | Электронная библиотека | Москва: Лаборатория знаний, 2017   |
| Л2.3 | Валянский С. И.,<br>Наими Е. К.                    | Наноматериалы.<br>Ленгмюровские пленки:<br>учеб. пособие  | Библиотека МИСиС       | М.: Изд-во МИСиС, 2014   |

### 6.1.3. Методические разработки

|      | Авторы, составители | Заглавие  | Библиотека       | Издательство, год |
|------|---------------------|---|------------------|-------------------|
| Л3.1 | Вяткин А. Ф.        | Взаимодействие лазерных, электронных и ионных пучков с поверхностью твердых тел: Ч.1: Основы физики лазерного излучения: Курс лекций для студ. спец. 5401, 0709, 0710   | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 2001   |
| Л3.2 | Вяткин А. Ф.        | Взаимодействие лазерных, электронных и ионных пучков с поверхностью твердых тел: Ч.2. Применение лазерных и электронных пучков для обработки поверхности материалов: Курс лекций для студ спец. 5401, 0709 и 0710 | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 2001   |
| Л3.3 | Вяткин А. Ф.        | Взаимодействие лазерных, электронных и ионных пучков с поверхностью твердых тел: Ч.3: Взаимодействие ионных пучков с поверхностью твердых тел: Курс лекций для студ. спец. 5401, 0709 и 0710                      | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 2001   |

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

|    |  |  |
|----|--|--|
| Э1 | Межуниверситетская сетевая система междисциплинарной подготовки и профессиональной переподготовки кадров для nanoиндустрии. – Url: <a href="http://www.nano-obr.ru">www.nano-obr.ru</a> . Для получения доступа к УМКД «Физические свойства наноматериалов», в котором изложены и основы физических свойств материалов, необходимо зарегистрироваться на сайте и выбрать курс «Физические свойства наноматериалов» НИТУ «МИСиС». | <a href="http://www.nano-obr.ru">www.nano-obr.ru</a> |
|----|--|--|

### 6.3 Перечень программного обеспечения

|     |                  |
|-----|------------------|
| П.1 | Microsoft Office |
|-----|------------------|

|   |  |
|---|--|
| П.2   | MS Teams   |
| П.3   | Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr  |
| П.4   | ESET NOD32 Antivirus   |
| П.5   | Win Pro 10 32-bit/64-bit   |
| <b>6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных</b> |  |
| И.1   | Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:  |
| И.2   | — Научная электронная библиотека eLIBRARY <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>  |
| И.3   | — Полнотекстовые деловые публикации информагентств и прессы по 53 отраслям <a href="https://polpred.com/news">https://polpred.com/news</a> |
| И.4   | Иностранные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):   |
| И.5   | — аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>    |
| И.6   | — аналитическая база (индексы цитирования) Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>                            |
| И.7   | — наукометрическая система InCites <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>                           |
| И.8   | — научные журналы издательства Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>                        |
| И.9   |  |

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

| Ауд.                           | Назначение   | Оснащение   |
|--------------------------------|--|---|
| Любой корпус<br>Мультимедийная | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:                                   | комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus |
| Б-416                          | Учебный комплекс по структурной диагностике и материаловедческой экспертизе неорганических материалов методами оптической микроскопии: | проектор; экран; маркерная доска; компьютер преподавателя; микроскоп Carl Zeiss Axio Scope A1, компьютерный класс на 12 компьютеров, комплект учебной мебели  |
| Читальный зал №3 (Б)           |  | комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.    |

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

При изучении курса «Тонкоплёночные материалы» большое внимание следует уделить самостоятельной работе с учебниками, справочной литературой и текущими публикациями в ведущих российских и зарубежных журналах по рассматриваемым темам курса. Большую часть вопросов, возникающих в процессе самостоятельной подготовки, рекомендуется выносить для обсуждения на практических занятиях.

Обучение проводится в один семестр и организуется в соответствии с настоящей программой. Самостоятельная работа студентов осуществляется и контролируется с помощью:

- вопросов для самоконтроля,
- трех письменных контрольных работ,
- одного домашнего задания.

Перед началом занятий студенты получают на текущий семестр календарный план проведения практических занятий и контрольных мероприятий.

Итоговая аттестация по дисциплине предусмотрена в виде экзамена.

Экзамен отражает результат процесса формирования компетенций студента при изучении дисциплины и устанавливает уровень знаний студентов по теории и применению полученных знаний, умений и навыков.

Экзамен проводится в устной форме в установленный расписанием день экзаменационной сессии, предусмотренной календарным графиком учебного процесса, преподавателем, проводившим занятия. Допуск к экзамену осуществляется при условии выполнения всех контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом и рабочей программой по изучаемой дисциплине.