

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ С.А. ЕСЕНИНА»

Утверждаю:
Декан
физико-математического
факультета
Н.Б. Федорова
«30» августа 2019 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ФИЗИКА НАНОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР

Уровень основной образовательной программы: бакалавриат

Направление подготовки: 16.03.01 Техническая физика

Профиль: Физическая электроника

Форма обучения: очная

Сроки освоения ОПОП: 4 года (нормативный)

Факультет: физико-математический

Кафедра: общей и теоретической физики и МПФ

Рязань, 2019

ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Целью освоения учебной дисциплины **Физика наноразмерных структур** является формирование у бакалавров представлений о физических принципах действия современных структур нанoeлектроники, их приборном применении, характеристиках и методах исследования, а также компетенций, предусмотренных образовательным стандартом, и готовности обучаемого к выполнению различных видов профессиональной деятельности.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП ВУЗА

2.1. Учебная дисциплина **Физика наноразмерных структур** относится к Блоку 1, циклу **Б.1.В.ДВ.6 Дисциплины по выбору** (вариативная часть).

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы следующие знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

Физика;

Химия;

Измерительная техника;

Микро- и нанoeлектроника;

Физика твердого тела и полупроводников.

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

Экспериментальные методы исследования;

Современные промышленные технологии;

Семинар по физической электронике;

Специальные вопросы нанотехнологий;

Практикум по микро- и нанoeлектронике;

Государственный экзамен.

2.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся общекультурных (ОК) (общепрофессиональных- ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций:

| № п/п | Номер/индекс компетенции | Содержание компетенции (или ее части) | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны: | | |
|-------|--------------------------|---|---|---|--|
| | | | Знать | Уметь | Владеть |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. | ОПК-3 | способность к теоретическим и экспериментальным исследованиям в избранной области технической физики, готовностью учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности | Основные понятия, закономерности процессов, протекающих в наноразмерных структурах; методы исследования этих процессов. | Используя современные методы исследования изучать наноразмерные структуры. | Навыками проведения экспериментальных исследований в области физики наноразмерных структур. |
| 2. | ПК-1 | готовность к участию в исследованиях инновационных принципов создания физико-технических объектов | Особенности применения современных методов исследования и технологий изготовления наноразмерных структур. | Корректно обосновать выбор аналитического и технологического оборудования для решения поставленных задач. | Навыками применения аналитического и технологического оборудования для исследования и изготовления наноразмерных структур. |

2.5 Карта компетенций дисциплины.

| КАРТА КОМПЕТЕНЦИЙ ДИСЦИПЛИНЫ | | | | | |
|---|--|--|---|-----------------------------------|--|
| НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ Физика наноразмерных структур | | | | | |
| Цель дисциплины | Целью освоения учебной дисциплины Физика наноразмерных структур является формирование у бакалавров представлений о физических принципах действия современных структур наноэлектроники, их приборном применении, характеристиках и методах исследования, а также компетенций, предусмотренных образовательным стандартом, и готовности обучаемого к выполнению различных видов профессиональной деятельности. | | | | |
| В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие общепрофессиональные компетенции: | | | | | |
| КОМПЕТЕНЦИИ | | Перечень компонентов | Технологии формирования | Форма оценочного средства | Уровни освоения компетенции |
| ИНДЕКС | ФОРМУЛИРОВКА | | | | |
| ОПК-3 | способность к теоретическим и экспериментальным исследованиям в избранной области технической физики, готовностью учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности | Знать: основные понятия, закономерности процессов, протекающих в наноразмерных структурах; методы исследования этих процессов. Уметь: используя современные методы исследования изучать наноразмерные структуры. Владеть: навыками проведения экспериментальных исследований в области физики наноразмерных структур. | Путем проведения лекционных занятий, лабораторных работ, применения новых образовательных технологий, организации самостоятельной работы. | Защита лабораторных работ, зачет. | Пороговый: Знает основные закономерности процессов, протекающих в наноразмерных структурах. Способен анализировать основные особенности механизмов электрофизических и оптических процессов в наноразмерных структурах. Повышенный: Владеет методами исследований наноразмерных структур. |

| Профессиональные компетенции: | | | | | |
|-------------------------------|---|---|---|-----------------------------------|---|
| КОМПЕТЕНЦИИ | | Перечень компонентов | Технологии формирования | Форма оценочного средства | Уровни освоения компетенции |
| ИНДЕКС | ФОРМУЛИРОВКА | | | | |
| ПК-1 | готовность к участию в исследованиях инновационных принципов создания физико-технических объектов | <p>Знать: особенности применения современных методов исследования и технологий изготовления наноразмерных структур.</p> <p>Уметь: корректно обосновать выбор аналитического и технологического оборудования для решения поставленных задач.</p> <p>Владеть: навыками применения аналитического и технологического оборудования для исследования и изготовления наноразмерных структур.</p> | Путем проведения лекционных занятий, лабораторных работ, применения новых образовательных технологий, организации самостоятельной работы. | Защита лабораторных работ, зачет. | <p>Пороговый: Знает основные методы исследования и изготовления наноразмерных структур. Способен анализировать степень применимости указанных методов для конкретной ситуации.</p> <p>Повышенный: Владеет методами изготовления и исследования наноразмерных структур, навыками применения аналитического и технологического оборудования для решения конкретных задач.</p> |

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. ОБЪЕМ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

| Вид учебной работы | Всего часов | Семестр | |
|---|-------------|-----------|-----------|
| | | № 7 | |
| | | часов | |
| <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | |
| Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего) | 36 | 36 | |
| В том числе: | | | |
| Лекции (Л) | 18 | 18 | |
| Практические занятия (ПЗ), Семинары (С) | | | |
| Лабораторные работы (ЛР) | 18 | 18 | |
| Самостоятельная работа студента (всего) | 36 | 36 | |
| В том числе | | | |
| <i>СРС в семестре:</i> | | | |
| Курсовая работа | КП | нет | нет |
| | КР | нет | нет |
| <i>Другие виды СРС:</i> | | | |
| Изучение литературы | 10 | 10 | |
| Подготовка тематических обзоров | 6 | 6 | |
| Подготовка к зачету | 4 | 4 | |
| Подготовка лабораторных работ | 6 | 6 | |
| Защита лабораторных работ | 10 | 10 | |
| <i>СРС в период сессии</i> | | | |
| Вид промежуточной аттестации | зачет (З), | | |
| | экзамен (Э) | | |
| ИТОГО: Общая трудоемкость | часов | 72 | 72 |
| | зач. ед. | 2 | 2 |

2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

2.1. Содержание разделов учебной дисциплины (модуля)

| № семестра | № раздела | Наименование раздела учебной дисциплины | Содержание раздела в дидактических единицах |
|------------|-----------|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 7 | 1 | Эффект размерного квантования | Условия наблюдения размерных эффектов. Типы квантоворазмерных структур. Квантовая механика простейших структур. Квантовые ямы. Квантовые точки. Квантовые нити. Двойная квантовая яма. Сверхрешетки. |
| | 2 | Технологические аспекты наноразмерных структур | Требования к технологии. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Газофазная эпитаксия. Самоорганизация квантовых точек и нитей. |
| | 3 | Статистика электронов в наноразмерных структурах. | Статистика носителей заряда. Экранирование. Трехмерный и двумерный случай. Примесные состояния и экситоны. Водородноподобный центр. |
| | 4 | Оптика наноразмерных структур | Вероятность перехода. Межзонное поглощение. Межуровневые переходы. Оптическая ионизация квантовых ям. |
| | 5 | Кинетические эффекты в наноразмерных структурах. | Время релаксации и подвижность. Механизмы рассеяния. Модулированное легирование. Баллистический транспорт. Вертикальный перенос в системе квантовых ям. |
| | 6 | Приборные применения наноразмерных структур. | Лазеры с квантовыми ямами и точками. Фотоприемники. Транзисторы с высокой подвижностью носителей. Резонансно-туннельный транзистор. |

2.2. Разделы учебной дисциплины (модуля), виды учебной деятельности и формы контроля

| № семестра | № раздела | Наименование раздела учебной дисциплины | Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов (в часах) | | | | | Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестрам) | |
|------------|-----------|---|---|-----------|-----------|----------|-----------|--|--|
| | | | Л | ЛР | ПЗ/С | СРС | всего | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 7 | 1 | Эффект размерного квантования | 2 | | | 6 | 8 | Тематический обзор (1 неделя) | |
| | 2 | Технологические аспекты наноразмерных структур | 2 | | | 6 | 8 | Тематический обзор (2 неделя) | |
| | 3 | Статистика электронов в наноразмерных структурах. | 4 | 4 | | 6 | 14 | Защита лабораторных работ Тематический обзор (3-4 неделя) | |
| | 4 | Оптика наноразмерных структур | 4 | 4 | | 6 | 14 | Защита лабораторных работ (5-9 неделя) | |
| | 5 | Кинетические эффекты в наноразмерных структурах. | 2 | 6 | | 6 | 14 | Защита лабораторных работ (10-14 неделя) | |
| | 6 | Приборные применения наноразмерных структур. | 4 | 4 | | 2 | 10 | Защита лабораторных работ (15-18 неделя) | |
| | | Подготовка к зачету (разделы дисциплины 1 – 6) | | | | 4 | 4 | зачет | |
| | | ИТОГО за 7 семестр | | 18 | 18 | | 36 | 72 | |
| | | ИТОГО | | 18 | 18 | | 36 | 72 | |

2.3. Лабораторный практикум

| № семестра | № раздела | Наименование раздела учебной дисциплины (модуля) | Наименование лабораторных работ | Всего часов |
|------------|-----------|---|---|-------------|
| <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> |
| 7 | 1 | Эффект размерного квантования | | |
| | 2 | Технологические аспекты наноразмерных структур | | |
| | 3 | Статистика электронов в наноразмерных структурах. | 1. Изучение вольт-амперных характеристик структур с квантовыми точками. | 4 |
| | 4 | Оптика наноразмерных структур | 2. Изучение спектров фотолюминесценции пористого кремния. 3. Изучение спектров поглощения наноразмерных структур. | 4 |
| | 5 | Кинетические эффекты в наноразмерных структурах. | 4. Изучение вольт-фарадных характеристик структур с квантовыми точками. 5. Изучение спектра полной проводимости структур с квантовыми точками. | 6 |
| | 6 | Приборные применения наноразмерных структур. | 6. Изучение характеристик фотодиодов на основе наноразмерных структур. | 4 |
| | | | ИТОГО в 7 семестре | |

2.4. Примерная тематика курсовых работ

Курсовые работы не предусмотрены учебным планом

3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТА

3.1. Виды СРС

| № семестра | № раздела | Наименование раздела учебной дисциплины (модуля) | Виды СРС | Всего часов |
|---------------------------|-----------|---|--|------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7 | 1. | Эффект размерного квантования | 1. Изучение и конспектирование основной литературы 2. Изучение и конспектирование дополнительной литературы 3. Написание тематического обзора. | 2 2 2 |
| | 2. | Технологические аспекты наноразмерных структур | 1. Изучение и конспектирование основной литературы 2. Изучение и конспектирование дополнительной литературы 3. Написание тематического обзора. | 2 2 2 |
| | 3. | Статистика электронов в наноразмерных структурах. | 1. Изучение и конспектирование основной и дополнительной литературы. 2. Написание тематического обзора. 3. Подготовка к выполнению лабораторной работы №1. 4. Подготовка к защите лабораторной работы №1. | 2 2 1 1 |
| | 4 | Оптика наноразмерных структур | 1. Подготовка к выполнению лабораторной работы №2. 2. Подготовка к защите лабораторной работы №2. 3. Подготовка к выполнению лабораторной работы №3. 4. Подготовка к защите лабораторной работы №3. | 1 2 1 2 |
| | 5 | Кинетические эффекты в наноразмерных структурах. | 1. Подготовка к выполнению лабораторной работы №4. 2. Подготовка к защите лабораторной работы №4. 3. Подготовка к выполнению лабораторной работы №5. 4. Подготовка к защите лабораторной работы №5. | 1 2 1 2 |
| | 6 | Приборные применения наноразмерных структур. | 1. Подготовка к выполнению лабораторной работы №6. 2. Подготовка к защите лабораторной работы №6. | 1 1 |
| | | Зачет | Изучение конспектов лекций по разделам 1–6. | 4 |
| ИТОГО в 7 семестре | | | | 36 |
| ИТОГО | | | | 36 |

4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) (см. *Фонд оценочных средств*)

4.2. Рейтинговая система оценки знаний обучающихся по учебной дисциплине (модулю)

Рейтинговая система не используется.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Основная литература

| № п/п | Автор (ы). Наименование. Год и место издания | Используется при изучении разделов | Семестр | Количество экземпляров | |
|----------|--|------------------------------------|----------|------------------------|------------|
| | | | | в библиотеке | на кафедре |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. | Давыдов, С.Ю. Элементарное введение в теорию наносистем [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.Ю. Давыдов, А.А. Лебедев, О.В. Посредник. – СПб.: Лань, 2014. – 192 с. – Режим доступа: URL: https://e.lanbook.com/book/44757 (дата обращения: 28.07.2019). | 1-6 | 7 | ЭБС | |
| 2. | Тимофеев, В.Б. Оптическая спектроскопия объемных полупроводников и наноструктур [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Б. Тимофеев. – СПб.: Лань, 2015. – 512 с. – Режим доступа: URL: https://e.lanbook.com/book/56612 (дата обращения: 28.07.2019). | 2,4,6 | 7 | ЭБС | |
| 3. | Юрков, Н.К. Технология производства электронных средств [Электронный ресурс]: учебник / Н.К. Юрков. – СПб.: Лань, 2014. – 480 с. – Режим доступа: URL: https://e.lanbook.com/book/41019 (дата обращения: 28.07.2019). | 2,6 | 7 | ЭБС | |

5.2. Дополнительная литература

| № п/п | Автор (ы). Наименование. Год и место издания | Используется при изучении разделов | Семестр | Количество экземпляров | |
|-------|--|------------------------------------|---------|------------------------|------------|
| | | | | в библиотеке | на кафедре |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. | Трубочкина, Н. К. Нанoeлектроника и схемотехника в 2 ч. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебник для академического бакалавриата / Н. К. Трубочкина. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 269 с. – Режим доступа: URL: https://www.biblio-online.ru/bcode/392906 (дата обращения: 28.07.2019). | 2,6 | 7 | ЭБС | |
| 2. | Трубочкина, Н. К. Нанoeлектроника и схемотехника в 2 ч. Часть 2 [Электронный ресурс]: учебник для академического бакалавриата / Н. К. Трубочкина. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 250 с. – Режим доступа: URL: https://www.biblio-online.ru/bcode/392911 (дата обращения: 28.07.2019). | 2,6 | 7 | ЭБС | |
| 3. | Владимиров, Г.Г. Физика поверхности твердых тел [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г.Г. Владимиров. – СПб.: Лань, 2016. – 352 с. – Режим доступа: URL: https://e.lanbook.com/book/71707 (дата обращения: 28.07.2019). | 1-5 | 7 | ЭБС | |

5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

1. Лань [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 10.07.2019).
2. Юрайт [Электронный ресурс] : электронная библиотека. - Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: URL: <https://www.biblio-online.ru> (дата обращения: 20.07.2019).
3. Открытая техническая библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://t-library.ru/index.php> (дата обращения: 20.07.2019).

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе Российской академии наук. – Режим доступа: URL: <http://www.ioffe.ru/> (дата обращения 15.08.2019).
2. Нанометр: Нанотехнологическое сообщество: Библиотека. – Режим доступа: URL: http://www.nanometer.ru/library_list.html (дата обращения 15.08.2019).
3. Научная электронная библиотека. – Режим доступа: URL: <http://elibrary.ru> (дата обращения 15.08.2019).

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий: специализированные лекционные аудитории, оборудованные видеопроеционным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения и экраном.

6.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся: видеопроектор, ноутбук, переносной экран, для проведения демонстраций и опытов, полный комплект физических установок и приборов.

6.3. Требования к специализированному оборудованию:

Специализированные установки согласно спискам оборудования предусмотренного для каждой лабораторной работы.

6.4. Требования к программному обеспечению учебного процесса: отсутствуют.

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (*Заполняется только для стандарта ФГОС ВПО*)

8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

| Вид учебных занятий | Организация деятельности студента |
|----------------------|--|
| Лекция | Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю. |
| Практические занятия | Не предусмотрены учебным планом. |
| Курсовая работа | Не предусмотрена учебным планом. |
| Лабораторная работа | Для выполнения лабораторных работ используются специализированные лабораторные установки. Методические указания по выполнению лабораторных работ и описания установок находятся в лаборатории на рабочих местах. |
| Подготовка к зачету | При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др. |

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем *(при необходимости)*

1. Применение средств мультимедиа в образовательном процессе (презентации, видео);
2. Консультирование обучающихся посредством электронной почты.

10. Требования к программному обеспечению учебного процесса

1. Операционная система Windows Pro (договор №Tr000043844 от 22.09.15г.);
2. Антивирус Kaspersky Endpoint Security (договор №14/03/2019-0142 от 30/03/2019г.);
3. Офисное приложение LibreOffice (свободно распространяемое ПО);
4. Архиватор 7-zip (свободно распространяемое ПО);
5. Браузер изображений FastStoneImageViewer (свободно распространяемое ПО);
6. PDF ридер FoxitReader (свободно распространяемое ПО);
7. PDF принтер doPdf (свободно распространяемое ПО);
8. Медиа проигрыватель VLC media player (свободно распространяемое ПО);
9. Запись дисков ImageBurn (свободно распространяемое ПО);
10. DJVU браузер DjVu Browser Plug-in (свободно распространяемое ПО);

11. Иные сведения

Приложение 1

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине (модулю) для промежуточного контроля успеваемости

| № п/п | Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам) | Код контролируемой компетенции) или её части) | Наименование оценочного средства |
|-------|--|---|----------------------------------|
| 1. | 1. Эффект размерного квантования. 2. Технологические аспекты наноразмерных структур. 3. Статистика электронов в наноразмерных структурах. 4. Оптика наноразмерных структур. 5. Кинетические эффекты в наноразмерных структурах. 6. Приборные применения наноразмерных структур. | ОПК-3 ПК-1 | Зачет 7 семестр |

ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

| Индекс компетенции | Содержание компетенции | Элементы компетенции | Индекс элемента |
|--|--|---|-----------------|
| ОПК-3 | способность к теоретическим и экспериментальным исследованиям в избранной области технической физики, готовностью учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности. | знать | |
| | | З1 основные понятия, закономерности процессов, протекающих в наноразмерных структурах; методы исследования этих процессов. | ОПК3 З1 |
| | | уметь | |
| | | У1 используя современные методы исследования изучать наноразмерные структуры. | ОПК3 У1 |
| | | владеть | |
| В1 навыками проведения экспериментальных исследований в области физики наноразмерных структур. | ОПК3 В1 | | |
| ПК-1 | готовность к участию в исследованиях инновационных принципов создания физико-технических объектов | знать | |
| | | З1 особенности применения современных методов исследования и технологий изготовления наноразмерных структур. | ПК1 З1 |
| | | Уметь | |
| | | У1 корректно обосновать выбор аналитического и технологического оборудования для решения поставленных задач. | ПК1 У1 |
| | | владеть | |
| В1 навыками применения аналитического и технологического оборудования для исследования и изготовления наноразмерных структур. | ПК1 В1 | | |

КОМПЛЕКТ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (ЗАЧЕТ 7 СЕМЕСТР)

| № | *Содержание оценочного средства | Индекс оцениваемой компетенции и ее элементов |
|----|---|--|
| 1 | Принцип размерного квантования | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 2 | Условия наблюдения размерных эффектов | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 3 | Треугольная квантовая яма. | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 4 | Прямоугольная квантовая яма. | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 5 | Двойная квантовая яма | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 6 | Сверхрешетки. Образование минизон. | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 7 | Основные требования к технологии создания гетеропереходов | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 8 | Метод молекулярно-лучевой эпитаксии. | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 9 | Метод газофазовой эпитаксии. | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 10 | Самоорганизация квантовых точек. | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 11 | Методы получения квантовых точек. | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 12 | Режимы гетероэпитаксиального роста. | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 13 | Статистика носителей в наноразмерных структурах. | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 14 | Экранирование. Двумерный случай. | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 15 | Экранирование. Одномерный случай. | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 16 | Водородоподобный центр. Двумерный случай | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |

| | | |
|----|---|-----------------------------------|
| 17 | Водородоподобный центр. Одномерный случай | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 18 | Экситон. Двумерный случай | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 19 | Фононы в наноразмерных системах. | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 20 | Вероятность перехода в поле электромагнитной волны | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 21 | Межзонное поглощение в наноразмерных системах. | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 22 | Оптическая ионизация квантовых ям. | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 23 | Эффекты деполяризации. | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 24 | Особенности фотолюминесценции в наноразмерных системах. | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 25 | Особенности комбинационного рассеяния света в наноразмерных системах. | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 26 | Особенности лазеров на квантовых ямах и квантовых точках. | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 27 | Применение наноразмерных систем для фотодатчиков. | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 28 | Транзисторы с высокой подвижностью носителей. | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 29 | Приборы на основе резонансного туннелирования. | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |
| 30 | Одноэлектронный транзистор. | ОПК3 31, У1, В1 ПК1 31, У1, В1 |

«зачтено» – оценка соответствует повышенному уровню и выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

«зачтено» - оценка соответствует повышенному уровню и выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос или выполнении заданий, правильно применяет теоретические положения при решении

практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

«зачтено» - оценка соответствует пороговому уровню и выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, демонстрирует недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.

«не зачтено» - оценка выставляется обучающемуся, который не достигает порогового уровня, демонстрирует непонимание проблемы, не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.