

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра нанотехнологий и микросистемной техники

Авторы-составители: **Волынцев Анатолий Борисович**
Семенова Оксана Рифовна

Рабочая программа дисциплины

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Код УМК 95385

Утверждено
Протокол №9
от «13» мая 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Физические основы нанотехнологий

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **28.03.01** Нанотехнологии и микросистемная техника
направленность Материалы микро- и наносистемной техники

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Физические основы нанотехнологий** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (направленность : Материалы микро- и наносистемной техники)

ОПК.3 Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том числе педагогической деятельности, для проведения научных исследований, анализа объектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике

Индикаторы

ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности

ПК.3 Способен конструировать основные типы радиоэлектронных и оптоэлектронных устройств на основе базовых элементов, создаваемых методами микро- и наносистемной техники

Индикаторы

ПК.3.2 Применяет основные принципы построения различных оптоэлектронных схем, служащих основой современного приборостроения

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (направленность: Материалы микро- и наносистемной техники)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	7
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	14
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	28
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Письменное контрольное мероприятие (3)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (7 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Физические основы нанотехнологий

Определение и классификация нанотехнологий

Понятие «нанотехнологии». Нанонаука. Нанотехнология. Наноиндустрия. История развития и основные направления нанотехнологий.

Нanomатериалы

Терминология. Основные классификации наноматериалов. Основные типы структур наноматериалов.

Свойства наноматериалов

Размерные эффекты. Влияние размерных эффектов на свойства наноматериалов. Температура плавления. Механические свойства. Химические свойства. Оптические свойства. Электрические и магнитные свойства. Физические причины специфики наноматериалов. Основные области применения наноматериалов.

Квантовая физика и нанотехнологии

Особенности физических взаимодействий в наномасштабах. Квантовая механика наночастиц. Наночастица в одномерной потенциальной яме. Квантово-размерные эффекты и структуры. Периодические структуры. Способы формирования квантово-размерных структур. Квантовые точки, нанопроволоки, нановолокна.

Технологии получения наноструктур

Нанопорошки. Углеродные наноматериалы. Аморфные и нанокристаллические материалы. Композиционные материалы. Материалы с обработанной поверхностью.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторные занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Нанотехнологии в электронике/ред. Ю. А. Чаплыгин. Вып. 2.-Москва: Техносфера, 2013, ISBN 978-5-94836-353-0.-688.-Библиогр. в конце глав
2. Блесман, А. И. Теоретические основы методов исследования наноматериалов : учебное пособие / А. И. Блесман, В. В. Даньшина, Д. А. Полонянкин. — Омск : Омский государственный технический университет, 2017. — 78 с. — ISBN 978-5-8149-2506-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/78478.html>
3. Глущенко, А. Г. Наноматериалы и нанотехнологии : учебное пособие / А. Г. Глущенко, Е. П. Глущенко. — Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. — 269 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/75388.html>
4. Неволин, В. К. Квантовая физика и нанотехнологии / В. К. Неволин. — Москва : Техносфера, 2013. — 128 с. — ISBN 978-5-94836-361-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/16975>

Дополнительная:

1. Наноматериалы: свойства и перспективные приложения:[сборник]/[А. Б. Ярославцев, В. К. Иванов, П. П. Федоров и др.].-Москва: Научный мир, 2014, ISBN 978-5-91522-393-5.-455.-Библиогр. в конце разд.
2. Глущенко, А. Г. Основы электродинамики наноструктур : учебное пособие / А. Г. Глущенко, Е. П. Глущенко. — Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. — 164 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/75400.html>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.iprbookshop.ru/75422.html> Физические основы нанотехнологий, фотоники и оптоинформатики

<http://www.iprbookshop.ru/75423.html> Физические основы нанотехнологий, фотоники и оптоинформатики : учебное пособие

<http://www.iprbookshop.ru/31583.htm> Физические основы микро- и нанотехнологий

<http://www.iprbookshop.ru/20108.html> Основы нанотехнологий и наноматериалов

<http://www.iprbookshop.ru/56215.html> Процессы получения наночастиц и наноматериалов

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Физические основы нанотехнологий** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС) ;
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

1. Операционная система "ALT Linux".
2. Приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC».
3. Программы, демонстрации видео материалов (проигрыватель)«WindowsMediaPlayer».
4. Программа просмотра интернет контента (браузер) «Google Chrome» или аналогичных.
5. Офисный пакет приложений «LibreOffice».

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой или маркерной доской.

Лабораторные занятия проходят в Лаборатории материаловедения, оснащенной специализированным оборудованием. Состав оборудования определен в Паспорте лаборатории.

Текущий контроль осуществляется в аудитории, оснащенной меловой (и) или маркерной доской.

Групповые (индивидуальные) консультации проводятся в аудитории, оснащенной меловой (и) или маркерной доской.

К помещениям для самостоятельной работы студентов относятся:

- Аудитория для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.
- Помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Физические основы нанотехнологий**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ОПК.3

Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том числе педагогической деятельности, для проведения научных исследований, анализа объектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности</p>	<p>Знать: основные физические законы и явления, лежащие в основе нанотехнологий; основные направления разработок наноматериалов и наноструктур; основные физические ограничения, лежащие в основе функционирования наноустройств.</p> <p>Уметь: применять законы классической и квантовой физики для качественного анализа и количественных оценок различных свойств наносистем; ориентироваться в многообразии применений законов микромира в современных нанотехнологиях, используя научную литературу.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает основные физические законы и явления, лежащие в основе нанотехнологий, не ориентируется в основных направлениях разработок наноматериалов и наноструктур. Не знает физические основы функционирования наноустройств. Не умеет применять законы классической и квантовой физики для качественного анализа и количественных оценок различных свойств наносистем. Не использует научную литературу для поиска информации на заданную тему в области нанотехнологий.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Знает основные физические законы и явления, лежащие в основе нанотехнологий, может привести пример основных направлений разработок наноматериалов и наноструктур. Знает физические основы функционирования наноустройств, но не умеет применять законы классической и квантовой физики для качественного анализа и количественных оценок различных свойств наносистем. Использует только предложенную научную литературу для написания доклада на заданную тему в области нанотехнологий.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Знает основные физические законы и явления, лежащие в основе нанотехнологий,</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>может привести несколько примеров основных направлений разработок наноматериалов и наноструктур. Знает физические основы функционирования наноустройств. Умеет применять законы классической и квантовой физики для качественного анализа и количественных оценок различных свойств наносистем с помощью руководителя или преподавателя. Использует научную литературу для поиска информации на заданную тему в области нанотехнологий.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает основные физические законы и явления, лежащие в основе нанотехнологий, ориентируется в основных направлениях разработок наноматериалов и наноструктур. Знает физические основы функционирования наноустройств. Умеет применять законы классической и квантовой физики для качественного анализа и количественных оценок различных свойств наносистем. Использует научную литературу для поиска информации на заданную тему в области нанотехнологий.</p>

ПК.3

Способен конструировать основные типы радиоэлектронных и оптоэлектронных устройств на основе базовых элементов, создаваемых методами микро- и наносистемной техники

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.3.2 Применяет основные принципы построения различных оптоэлектронных схем, служащих основой приборостроения</p>	<p>Знать физическую основу процессов, протекающих при реализации микросистем, возможности и характеристики материалов, используемых в нанотехнологиях. Знать физические принципы и механизмы, лежащие в основе построения и функционирования микро- и</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не знает физическую основу процессов, протекающих при реализации микросистем, возможности и характеристики материалов, используемых в нанотехнологиях. Не знает физические принципы и механизмы, лежащие в основе построения и функционирования микро- и наноструктур. Не умеет анализировать работу микроэлектромеханических устройств.</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	<p>наноструктур. Уметь анализировать работу микроэлектромеханических устройств.</p>	<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Демонстрирует слабые знания физической основы процессов, протекающих при реализации микросистем, возможностей и характеристик материалов, используемых в нанотехнологиях. Имеет представление о физических принципах и механизмах, лежащих в основе построения и функционирования микро- и наноструктур. Не умеет анализировать работу микроэлектромеханических устройств.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Знает физическую основу процессов, протекающих при реализации микросистем, возможности и характеристики материалов, используемых в нанотехнологиях. Знает физические принципы и механизмы, лежащие в основе построения и функционирования микро- и наноструктур. Умеет анализировать работу микроэлектромеханических устройств с помощью консультанта или преподавателя.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает физическую основу процессов, протекающих при реализации микросистем, возможности и характеристики материалов, используемых в нанотехнологиях. Знает физические принципы и механизмы, лежащие в основе построения и функционирования микро- и наноструктур. Самостоятельно умеет анализировать работу микроэлектромеханических устройств.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.3.2 Применяет основные принципы построения различных оптоэлектронных схем, служащих основой современного приборостроения ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности	Свойства наноматериалов Письменное контрольное мероприятие	Знание о влиянии размерных эффектов на свойства наноматериалов. Использование расчетных формул. Знание об областях применения материалов в наноструктурном состоянии.
ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности	Квантовая физика и нанотехнологии Письменное контрольное мероприятие	Знание о квантовой механике наночастиц. Знание о физической природе туннельного эффекта. Знание о материалах, содержащих квантоворазмерные структуры.
ПК.3.2 Применяет основные принципы построения различных оптоэлектронных схем, служащих основой современного приборостроения ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности	Технологии получения наноструктур Письменное контрольное мероприятие	Знание о углеродных наноматериалах. Знание о композиционных материалах. Знание о методах получения нанопорошков.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Свойства наноматериалов

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **35**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Знание о влиянии размерных эффектов на свойства наноматериалов.	15
Знание об областях применения материалов в наноструктурном состоянии	10
Использование расчетных формул.	10

Квантовая физика и нанотехнологии

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **35**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Знание о физической природе туннельного эффекта.	15
Знание о материалах, содержащих квантоворазмерные структуры.	10
Знание о квантовой механике наночастиц.	10

Технологии получения наноструктур

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Знание о композиционных материалах.	13
Знание о углеродных наноматериалах.	10
Знание о методах получения нанопорошков.	7