

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра нанотехнологий и микросистемной техники

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

Рабочая программа дисциплины
ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРОСИСТЕМНОЙ ТЕХНИКИ
Код УМК 97268

Утверждено
Протокол №10
от «20» мая 2021 г.

Пермь, 2021

1. Наименование дисциплины

Физические основы микросистемной техники

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 микросистемной техники** 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	Защищаемое контрольное мероприятие (2) Письменное контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (7 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Физические основы микросистемной техники

Электро-магнитные волны в диэлектрических средах

Введение. Распространение электромагнитных волн в вакууме и диэлектрических средах. Поляризация электромагнитных волн. Геометрическая оптика.

Оптические волноводы

Классификация оптических волноводов. Волноводный эффект. Оптическое волокно, типы и свойства. Физические принципы технологии производства оптических волокон. Фотонно-кристаллические волноводы. Волоконные брегговские решетки.

Электрооптические устройства

Волоконные усилители и лазеры. Волоконно-оптический гироскоп. Интегрально-оптический гироскоп. Интегрально-оптические датчики физических величин. Х-образный разветвитель. Интерферометр Маха-Цендера. Электрооптические модуляторы света.

Микромеханические устройства

Микромеханический акселерометр. Микромеханический гироскоп. Физические принципы изготовления микроструктур.

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 аудиторские 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. Азанова И. С., Шевцов Д. И. Физические свойства и структура волоконно-оптических систем: учебно-методическое пособие / И. С. Азанова, Д. И. Шевцов. - Пермь, 2012, ISBN 978-5-7944-1918-4. -1. <https://elis.psu.ru/node/13929>
2. Физические основы, методы исследования и практическое применение пьезоматериалов / В. А. Головнин, И. А. Каплунов, О. В. Малышкина [и др.]. — Москва : Техносфера, 2016. — 272 с. — ISBN 978-5-94836-352-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/58893.html>
3. Физические основы электроники и электротехники : учебное пособие / А. Н. Ларионов, Ю. И. Кураков, В. С. Воищев [и др.]. — Воронеж : Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2015. — 434 с. — ISBN 978-5-7267-0802-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/72782.html>

Дополнительная:

1. Нанотехнологии и специальные материалы : учебное пособие для вузов / Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова ; под редакцией Ю. П. Солнцева. — 3-е изд. — Санкт-Петербург : ХИМИЗДАТ, 2020. — 336 с. — ISBN 078-5-93808-346-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/97818.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/31583.htm> Физические основы микро- и нанотехнологий

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

Образовательный процесс по дисциплине **Физические основы микросистемной техники** 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 выполнении 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 Учебного центра (ПАО ПНППК). Состав оборудования определен в Паспортах лабораторий.

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 микросистемной техники**

**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 физические принципы функционирования оптоэлектронных и оптомеханических устройств</p>	<p align="center">Неудовлетворител Не может описать принцип распространения электромагнитных волн в различных средах. Не знает эффектов в оптических волноводах (дисперсия, волноводный эффект, оптические потери). Не знает принципов работы и устройств элементов интегральной оптики и микромеханических приборов.</p> <p align="center">Удовлетворительн Имеет отдельные пробелы в знаниях законов геометрической оптики и описании оптических волноводов (дисперсия, оптические потери, волноводный эффект). Существенные пробелы в знаниях о физических принципах производства оптических волокон. Не может сформулировать принципы работы и устройства элементов интегральной оптики и микромеханических приборов.</p> <p align="center">Хорошо Имеет отдельные пробелы в знаниях законов геометрической оптики и описании оптических волноводов (дисперсия, оптические потери, волноводный эффект). Не полные знания о физических принципах производства оптических волокон, но при этом может сформулировать принципы работы и устройства элементов интегральной оптики и микромеханических приборов.</p> <p align="center">Отлично Знает законы геометрической оптики.</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Владеет описанием оптических волноводов (дисперсия, оптические потери, волноводный эффект). Знает физические принципы производства оптических волокон. Знает принцип работы и устройства элементов интегральной оптики и микромеханических приборов.</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 современного приборостроения</p>	<p>•владеть: навыками расчета оптических эффектов, основными методиками построения устройств волоконной оптики с заданными параметрами.</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не может описать принцип распространения электромагнитных волн в различных средах. Не знает эффектов в оптических волноводах (дисперсия, волноводный эффект, оптические потери). Не знает принципов работы и устройств элементов интегральной оптики и микромеханических приборов.</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Имеет отдельные пробелы в знаниях законов геометрической оптики и описании оптических волноводов (дисперсия, оптические потери, волноводный эффект). Существенные пробелы в знаниях о физических принципах производства оптических волокон. Не может сформулировать принципы работы и устройства элементов интегральной оптики и микромеханических приборов.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Имеет отдельные пробелы в знаниях законов геометрической оптики и описании оптических волноводов (дисперсия, оптические потери, волноводный эффект). Не полные знания о физических принципах производства оптических волокон, но при этом может сформулировать принципы работы и устройства элементов интегральной оптики и микромеханических приборов.</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает законы геометрической оптики. Владеет описанием оптических волноводов (дисперсия, оптические потери, волноводный эффект). Знает физические принципы производства оптических волокон. Знает принцип работы и устройства элементов интегральной оптики и микромеханических приборов.</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
ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности	Оптические волноводы Письменное контрольное мероприятие	Знание физических принципов технологии производства оптических волокон; распространение электромагнитных волн в вакууме и диэлектрических средах; поляризация электромагнитных волн; законы геометрической оптики для отражения и преломления света. Формулы Френеля; классификация оптических волноводов; волноводный эффект и дискретный модовый спектр в оптических световодах. Оптическое волокно. Дисперсия в оптическом волокне. Механизмы потерь в оптических волокнах.
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	Электрооптические устройства Защищаемое контрольное мероприятие	Понимание принципа работы, устройства, физический основ: фотонно-кристаллических волноводов, брэгговских решеток, а также приборов интегральной оптики: усилителей, лазеров, гироскопов, датчиков физических величин.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.3.2 Применяет основные принципы построения различных оптоэлектронных схем, служащих основой современного приборостроения	Микромеханические устройства Защищаемое контрольное мероприятие	Знание принципа работы и устройства микромеханических устройств. Основы изготовления тонких пленок. Знание структуры, свойств и возможности применения диэлектрических кристаллов.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Оптические волноводы

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Физические принципы технологии производства оптических волокон	6
Классификация оптических волноводов.	5
Волноводный эффект и дискретный модовый спектр в оптических световодах	5
Механизмы потерь в оптических волокнах	5
Оптическое волокно. Дисперсия в оптическом волокне	5
Поляризация электромагнитных волн	5
Распространение электромагнитных волн в вакууме и диэлектрических средах.	5
Законы геометрической оптики для отражения и преломления света. Формулы Френеля.	4

Электрооптические устройства

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
Волоконно-оптический гироскоп	7
Волоконные брегговские решетки	6
Волоконные усилители и лазеры	6
Интегрально-оптические датчики физических величин	6
Фотонно-кристаллические волноводы	5

Микромеханические устройства

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
Физические принципы изготовления микроструктур	7
Кристалл кремния: структура, физические свойства и область применения.	6
Кристаллы активных диэлектриков.	6
Методы нанесения тонких пленок.	6
Микромеханический акселерометр и гироскоп	5