

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета Физико-математический В.А.Небольсин
«31» августа 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ**

«Физические основы микро- и наносистемной техники»

Направление подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль Компоненты микро- и наносистемной техники

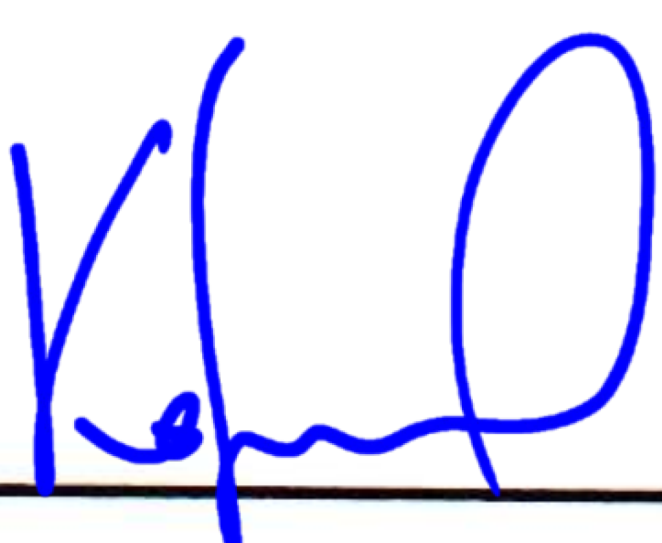
Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2018

Автор программы

 /Королев К.Г./

**И.о. заведующего кафедрой
Физики твердого тела**

 /Калинин Ю.Е./

Руководитель ОПОП

 /Стогней О.В./

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Формирование знаний в области физических принципов функционирования компонентов микро- и наносистемной техники

1.2. Задачи освоения дисциплины

- формирование знаний основных объектов и физических принципов работы основных структур и компонентов микро- и наносистемной техники
- формирование знаний базовых технологических процессов и оборудования, применяемыми в производстве материалов и компонентов микро- и наносистемной техники
- формирование навыков и умений использования студентами современных практических реализаций изделий на основе микро- и наносистемной техники;

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Физические основы микро- и наносистемной техники» относится к дисциплинам базовой части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Физические основы микро- и наносистемной техники» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 - Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования

ОПК-5 - Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	Знать способы решения задач профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования
	Уметь решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования

	Владеть навыками решения задач профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общетехнических знаний, методов математического анализа и моделирования
ОПК-5	Знать эффективные и безопасные технические средства и технологии
	Уметь принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии
	Владеть навыками использования эффективных и безопасных технических средств и технологий

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Физические основы микро- и наносистемной техники» составляет 4 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Самостоятельная работа	72	72
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость академические часы з.е.	144 4	144 4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
-------	-------------------	--------------------	------	-----------	-----	------------

1	Введение	Общие сведения. Основные понятия и термины. Параметры и характеристики микросистем	2	2	2	6
2	Сенсоры	Общие сведения. Классификация сенсоров: название, вид преобразования. Характеристики сенсоров: диапазон измерения, чувствительность, точность, линейность, селективность. Погрешности измерений, дрейф параметров, шумы, условия эксплуатации. Стандартизация и сертификация сенсоров	6	6	12	24
3	Микромеханические сенсоры и датчики на их основе	Конструкции элементов микромеханических сенсоров. Виды преобразователей: пьезоэлектрические, тензорезистивные, емкостные. Датчики на основе микромеханических преобразователей: давления, расхода, пульсаций, смещения, силы, ускорения. Микрогироскопы, микрофоны	6	6	12	24
4	Термоэлектрические сенсоры и датчики на их основе	Термоэлектрические и терморезистивные сенсоры, термомеханические и пирозлектрические преобразователи. Датчики: температуры, уровня и потока жидкости, вакуума. Термопары, болометры, термисторы, кондуктометры	6	6	12	24
5	Оптические сенсоры и датчики на их основе	Фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы. Датчики светового потока и оптического поглощения. Датчики смещения и положения	6	6	12	24
6	Магнитоэлектрические сенсоры	Индуктивные преобразователи. Датчик магнитного поля на эффекте Холла. Магниторезисторы. Магнитодиоды. Магнитотранзисторы	6	6	12	24
7	Химические и биологические сенсоры	Электрохимические сенсоры. Термокаталитические сенсоры. Адсорбционные преобразователи. Датчики состава жидкостей и газов. Датчики влажности. Биологические сенсоры	4	4	10	18
Итого			36	36	72	144

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе: «аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-1	Знать способы решения задач профессиональной деятельности на основе применения	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	естественнонаучных и общетехнических знаний, методов математического анализа и моделирования			
	Уметь решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общетехнических знаний, методов математического анализа и моделирования	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками решения задач профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общетехнических знаний, методов математического анализа и моделирования	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-5	Знать эффективные и безопасные технические средства и технологии	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками использования эффективных и безопасных технических средств и технологий	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-1	Знать способы решения задач	Тест	Выполнение теста на 90-	Выполнение теста на 80-	Выполнение теста на 70-	В тесте менее 70%
	профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования		100%	90%	80%	правильных ответов
	Уметь решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть навыками решения задач профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-5	Знать эффективные и безопасные технические средства и технологии	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

Уметь принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
Владеть навыками использования эффективных и безопасных технических средства и технологии	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

- 1) Как расшифровывается аббревиатура МОЭМС?
 - a) Микрооптоэлектромеханические системы
 - b) Микроэлектромеханические системы
 - c) Микромеханические системы
- 2) Что такое сенсор?
 - a) Устройство, принимающее и преобразующее измеряемое воздействие в электрический сигнал
 - b) Устройство, принимающее измеряемое воздействие в электрический сигнал
 - c) Устройство, преобразующее измеряемое воздействие в электрический сигнал
- 3) Какими характеристиками обладают сенсоры?
 - a) Передаточная функция
 - b) Диапазон измерений
 - c) Чувствительность
 - d) Точность
 - e) Линейность
 - f) Селективность
- 4) К какому классу по способу формирования выходного электрического сигнала относятся пьезоэлектрические преобразователи?
 - a) Пассивные
 - b) Активные
 - c) Микромеханические
 - d) Термоэлектрические
 - e) Оптические

- f) Магнитоэлектрические
 - g) Химические
- 5) К какому классу по виду измеряемой величины относятся пьезоэлектрические преобразователи? а) Пассивные
- b) Активные
 - c) Микромеханические
 - d) Термоэлектрические
 - e) Оптические
 - f) Магнитоэлектрические
 - g) Химические
- 6) К какому классу по способу формирования выходного электрического сигнала относятся тензорезистивные преобразователи? а) Пассивные
- b) Активные
 - c) Микромеханические
 - d) Термоэлектрические
 - e) Оптические
 - f) Магнитоэлектрические
 - g) Химические
- 7) К какому классу по виду измеряемой величины относятся тензорезистивные преобразователи? а) Пассивные
- b) Активные
 - c) Микромеханические
 - d) Термоэлектрические
 - e) Оптические
 - f) Магнитоэлектрические
 - g) Химические
- 8) К какому классу по способу формирования выходного электрического сигнала относятся емкостные преобразователи? а) Пассивные
- b) Активные
 - c) Микромеханические
 - d) Термоэлектрические
 - e) Оптические
 - f) Магнитоэлектрические
 - g) Химические
- 9) К какому классу по виду измеряемой величины относятся емкостные преобразователи? а) Пассивные
- b) Активные
 - c) Микромеханические
 - d) Термоэлектрические
 - e) Оптические
 - f) Магнитоэлектрические
 - g) Химические

- 10) К какому классу по способу формирования выходного электрического сигнала относятся термоэлектрические преобразователи на основе эффекта Зеебека? а) Пассивные
b) Активные
c) Микромеханические
d) Термоэлектрические
e) Оптические
f) Магнитоэлектрические
g) Химические
- 11) К какому классу по виду измеряемой величины относятся термоэлектрические преобразователи на основе эффекта Зеебека? а) Пассивные
b) Активные
c) Микромеханические
d) Термоэлектрические
e) Оптические
f) Магнитоэлектрические
g) Химические
- 12) К какому классу по способу формирования выходного электрического сигнала относятся терморезистивные преобразователи? а) Пассивные
b) Активные
c) Микромеханические
d) Термоэлектрические
e) Оптические
f) Магнитоэлектрические
g) Химические
- 13) К какому классу по виду измеряемой величины относятся терморезистивные преобразователи? а) Пассивные
b) Активные
c) Микромеханические
d) Термоэлектрические
e) Оптические
f) Магнитоэлектрические
g) Химические
- 14) К какому классу по способу формирования выходного электрического сигнала относятся пирозлектрические преобразователи? а) Пассивные
b) Активные
c) Микромеханические
d) Термоэлектрические
e) Оптические
f) Магнитоэлектрические
g) Химические

- 15) К какому классу по виду измеряемой величины относятся пьезоэлектрические преобразователи? а) Пассивные
b) Активные
c) Микромеханические
d) Термоэлектрические
e) Оптические
f) Магнитоэлектрические
g) Химические
- 16) К какому классу по способу формирования выходного электрического сигнала относятся фоторезисторы? а) Пассивные
b) Активные
c) Микромеханические
d) Термоэлектрические
e) Оптические
f) Магнитоэлектрические

- g) Химические
- 17) К какому классу по виду измеряемой величины относятся фоторезисторы? а) Пассивные
b) Активные
c) Микромеханические
d) Термоэлектрические
e) Оптические
f) Магнитоэлектрические
g) Химические
- 18) К какому классу по способу формирования выходного электрического сигнала относятся фотодиоды? а) Пассивные
b) Активные
c) Микромеханические
d) Термоэлектрические
e) Оптические
f) Магнитоэлектрические
g) Химические
- 19) К какому классу по виду измеряемой величины относятся фотодиоды? а) Пассивные
b) Активные
c) Микромеханические
d) Термоэлектрические
e) Оптические
f) Магнитоэлектрические
g) Химические
- 20) К какому классу по способу формирования выходного электрического сигнала относятся фототранзисторы? а) Пассивные
b) Активные
c) Микромеханические
d) Термоэлектрические
e) Оптические
f) Магнитоэлектрические
g) Химические
- 21) К какому классу по виду измеряемой величины относятся фототранзисторы? а) Пассивные
b) Активные
c) Микромеханические
d) Термоэлектрические
e) Оптические
f) Магнитоэлектрические
g) Химические

- 22) К какому классу по способу формирования выходного электрического сигнала относятся индуктивные преобразователи? а) Пассивные
b) Активные
c) Микромеханические
d) Термоэлектрические
e) Оптические
f) Магнитоэлектрические
g) Химические
- 23) К какому классу по виду измеряемой величины относятся индуктивные преобразователи? а) Пассивные
b) Активные
c) Микромеханические
d) Термоэлектрические
e) Оптические
f) Магнитоэлектрические
g) Химические
- 24) К какому классу по способу формирования выходного электрического сигнала относятся магниторезисторы? а) Пассивные
b) Активные
c) Микромеханические
d) Термоэлектрические
e) Оптические
f) Магнитоэлектрические
g) Химические
- 25) К какому классу по виду измеряемой величины относятся магниторезисторы? а) Пассивные
b) Активные
c) Микромеханические
d) Термоэлектрические
e) Оптические
f) Магнитоэлектрические
g) Химические
- 26) К какому классу по способу формирования выходного электрического сигнала относятся магнитодиоды? а) Пассивные
- 27) К какому классу по виду измеряемой величины относятся магнитодиоды? а) Пассивные
b) Активные
c) Микромеханические
d) Термоэлектрические
e) Оптические
f) Магнитоэлектрические
g) Химические

- b) *Активные*
 - c) *Микромеханические*
 - d) *Термоэлектрические*
 - e) *Оптические*
 - f) *Магнитоэлектрические*
 - g) *Химические*
- 28) К какому классу по способу формирования выходного электрического сигнала относятся магнитотранзисторы? а) *Пассивные*
- b) *Активные*
 - c) *Микромеханические*
 - d) *Термоэлектрические*
 - e) *Оптические*
 - f) *Магнитоэлектрические*
 - g) *Химические*
- 29) К какому классу по виду измеряемой величины относятся магнитотранзисторы? а) *Пассивные*
- b) *Активные*
 - c) *Микромеханические*
 - d) *Термоэлектрические*
 - e) *Оптические*
 - f) *Магнитоэлектрические*
 - g) *Химические*
- 30) К какому классу по способу формирования выходного электрического сигнала относятся электрохимические сенсоры? а) *Пассивные*
- b) *Активные*
 - c) *Микромеханические*
 - d) *Термоэлектрические*
 - e) *Оптические*
 - f) *Магнитоэлектрические*
 - g) *Химические*
- 31) К какому классу по виду измеряемой величины относятся электрохимические сенсоры?
- a) *Пассивные*
 - b) *Активные*
 - c) *Микромеханические*
 - d) *Термоэлектрические*
 - e) *Оптические*
 - f) *Магнитоэлектрические*
 - g) *Химические*

- 32) К какому классу по способу формирования выходного электрического сигнала относятся термокаталитические сенсоры? а) Пассивные
b) Активные
c) Микромеханические
d) Термоэлектрические
e) Оптические
f) Магнитоэлектрические
g) Химические
- 33) К какому классу по виду измеряемой величины относятся термокаталитические сенсоры? а) Пассивные
b) Активные
c) Микромеханические
d) Термоэлектрические
e) Оптические
f) Магнитоэлектрические
g) Химические
- 34) К какому классу по способу формирования выходного электрического сигнала относятся адсорбционные преобразователи? а) Пассивные
b) Активные
c) Микромеханические
d) Термоэлектрические
e) Оптические
f) Магнитоэлектрические
g) Химические
- 35) К какому классу по виду измеряемой величины относятся адсорбционные преобразователи? а) Пассивные
b) Активные
c) Микромеханические
d) Термоэлектрические
e) Оптические
f) Магнитоэлектрические
g) Химические

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач 1) Укажите последовательность этапов технологии тепловой поляризации?

- a) Нагрев материала
b) Размещение материала в сильном электрическом поле
c) Охлаждение материала
- 2) До какой температуры нагревается образец при тепловой поляризации?
a) До температуры Кюри
b) До комнатной температуры

- c) До температуры плавления
- d) До температуры 300 K
- 3) В каких пределах лежит коэффициент чувствительности тензоэлементов для металлических проводников? а) 2...6
b) 40...200
c) 10^{-3} ... 10^{-1}
- 4) В каких пределах лежит коэффициент чувствительности тензоэлементов для полупроводников? а) 2...6
b) 40...200
c) 10^{-3} ... 10^{-1}
- 5) В каком диапазоне температур используют терморезистивные сенсоры из платины и никеля?
a) От минус 200 до 850 °C
b) От 0 до 50 °C
c) От 0 до 850 °C
- 6) Какой эффект лежит в основе работы термоэлектрических сенсоров?
a) Эффект Зеебека
b) Эффект Пельтье
c) Эффект Томсона
- 7) При каких условиях возникает электрический заряд в пьезоэлектриках?
a) в ответ на изменение температуры
b) при постоянной температуре выше 0 K
c) в ответ на изменение магнитного поля
d) при отсутствии внешних тепловых потоков
- 8) При каких условиях в терморезисторах выполняется закон Ома?
a) При малых напряжениях и небольшом собственном тепловыделении
b) При больших напряжениях и большом собственном тепловыделении
c) При любых напряжениях
d) При любом собственном тепловыделении
- 9) Как называются преобразователи для измерения поглощенной энергии электромагнитного излучения в инфракрасном диапазоне? а) Болометры
b) Пьезоэлектрики
c) Терморезисторы
d) Кондуктометры
- 10) Что позволяет определить фотоэлектрический экспонометр?
a) Количество освещения
b) Длину волны электромагнитного излучения

- c) Силу электрического тока в цепи фотоприемника
- d) Расстояние до объекта

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач 1) Как определяется механическое напряжение?

- a) Механическое напряжение прямо пропорционально модулю Юнга и относительной деформации материала
 - b) Механическое напряжение прямо пропорционально модулю Юнга и обратно пропорционально относительной деформации материала
 - c) Механическое напряжение обратно пропорционально модулю Юнга и прямо пропорционально относительной деформации материала
 - d) Механическое напряжение обратно пропорционально модулю Юнга и относительной деформации материала
- 2) Как определяется фототок?
- a) Разница между световым током и темновым током
 - b) Сумма светового тока и темнового тока
 - c) Только световым током
 - d) Только темновым током
- 3) Можно ли с помощью неподвижной катушки индуктивности измерить постоянное магнитное поле?
- a) Да, необходимо только вращать катушку с постоянной скоростью
 - b) Нет, может измерить только переменное магнитное поле
 - c) Да, можно
 - d) Нет, катушка индуктивности не позволяет измерять магнитные поля
- 4) В какую сторону направлена сила Лоренца, если вектор магнитной индукции имеет направление «вперед», а электрический заряд движется в магнитном поле перпендикулярно «вправо»? а) вверх
- b) вправо
 - c) вниз
 - d) влево
 - e) вперед
 - f) назад
- 5) Какую подвижность основных носителей зарядов имеют полупроводники InSb , которые используются для датчиков Холла? а) $77000 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$
- b) $8500 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$
 - c) $3800 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$
 - d) $125 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$
- 6) Какие электроды необходимы для работы электрохимического датчика?
- a) Вспомогательные электрод
 - b) Рабочий электрод
 - c) Эталонный электрод
 - d) Вторичный электрод

- 7) Что является носителями заряда в электролите?
- Электроны
 - Ионы
 - Протоны
 - Нейтроны
- 8) Что является чувствительным элементом в пеллисторе?
- Платиновая катушка
 - Пористый каталитический металл - палладий
 - Пироэлектрический преобразователь
 - Фототранзистор
- 9) Что такое пеллистор?
- Детекторы для обнаружения малых концентраций легковоспламеняющихся газов
 - Детекторы температуры внутри шахт
 - Детекторы химических реакций в воздухе
 - Детекторы термоядерных реакций
- 10) Как изменится объем цилиндрического твердотельного проводника при воздействии на него растягивающего напряжения?
- Уменьшится
 - Увеличится
 - Не изменится

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

- Конструкции элементов микромеханических сенсоров
- Пьезоэлектрические преобразователи
- Тензорезистивные преобразователи
- Емкостные преобразователи
- Терморезистивные сенсоры
- Кремниевые сенсоры
- Термоэлектрические сенсоры
- Термоэлектрические сенсоры
- Пироэлектрические преобразователи
- Индуктивные преобразователи
- Датчики магнитного поля на эффекте Холла
- Магниторезисторы
- Магнитодиоды
- Магнитотранзисторы
- Химические сенсоры
- Электрохимические сенсоры
- Термокаталитические сенсоры
- Адсорбционные преобразователи.

19. Датчики состава жидкостей и газов
20. Датчики влажности
21. Датчики давления
22. Датчики расхода и пульсаций
23. Датчики смещения
24. Датчики силы (датчики усилия)
25. Датчики ускорения (скорости)
26. Микрогирометры, микрофоны
27. Датчики температуры
28. Датчики уровня и потока жидкостей
29. Датчики вакуума
30. Термометры
31. Болометры
32. Термисторные преобразователи. Кондуктометры
33. Фоторезисторы
34. Фотодиоды
35. Фототранзисторы
36. Датчики светового потока
37. Датчики оптического поглощения
38. Датчики смещения и положения
39. Биологические сенсоры и датчики

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 2 вопроса и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 5 баллами, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
-------	---	--------------------------------------	-------------------------------------

1	Введение	ОПК-1, ОПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Сенсоры	ОПК-1, ОПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Микромеханические сенсоры и датчики на их основе	ОПК-1, ОПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
4	Термоэлектрические сенсоры и датчики на их основе	ОПК-1, ОПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
5	Оптические сенсоры и датчики на их основе	ОПК-1, ОПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
6	Магнитоэлектрические сенсоры	ОПК-1, ОПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
7	Химические и биологические сенсоры	ОПК-1, ОПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется

оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1) *Липатов, Г. И. Компоненты микросистемной техники : учебное пособие / Г. И. Липатов. — Воронеж : Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019. — 83 с. — ISBN 978-5-7731-0799-6. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93319.html>. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей*

2) *Вавилов, В. Д. Микросистемные датчики физических величин : монография в двух частях / В. Д. Вавилов, С. П. Тимошенко, А. С. Тимошенко. — Москва : Техносфера, 2018. — 550 с. — ISBN 978-5-94836-498-8. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/84690.html>. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей*

3) *Смирнов, В. И. Нанозлектроника, нанофотоника и микросистемная техника : учебное пособие / В. И. Смирнов. — Ульяновск : Ульяновский государственный технический университет, 2017. — 281 с. — ISBN 978-5-9795-1726-1. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/106105.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей*

4) *Аш Ж. Датчики измерительных систем: В 2-х книгах. Кн. 1. Пер. с франц. — М.: Мир, 1992. — 480 с., ил.*

5) *Джексон Р.Г. Новейшие датчики, Москва: Техносфера, 2007. - 384 с. ISBN 978-5-94836-111-6*

6) *Лысенко И.Е. Проектирование сенсорных и актюаторных элементов микросистемной техники - Таганрог: Изд-во ТРТУ. 2005 - 103 с*

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов

информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

- 1) <https://elibrary.ru>
- 2) <https://cchgeu.ru>
- 3) <http://www.microsystems.ru/>
- 4) <https://www.iprbookshop.ru>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных, лабораторных и практических занятий необходима аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой, персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Физические основы микро- и наносистемной техники» читаются лекции и проводятся практические занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков в области микро и наносистемной техники. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.

Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения;
	- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начинаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

11. Лист регистрации изменений РПД 2018 года

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2020	