

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

УТВЕРЖДАЮ  
Декан ФРТЭ В.А. Небольсин  
«21» декабря 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 2022

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 обязательной 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-2 - Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла объектов, систем и процессов

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

<b>Компетенция</b>	<b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>
ОПК-2	<i>Знать этапы жизненного цикла объектов, систем и процессов</i>
	<i>Уметь осуществлять профессиональную деятельность на всех этапах жизненного цикла объектов, систем и процессов</i>
	<i>Владеть навыками осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла объектов, систем и процессов</i>
ОПК-5	<i>Знать способы принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и</i>

	<i>технологии</i>
	<i>Уметь выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии</i>
	<i>Владеть навыками принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности</i>

#### 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
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
<b>Самостоятельная работа</b>	72	72
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	144	144
зач.ед.	4	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. Сенсоры	Общие сведения. Основные понятия и термины системной техники. Параметры и характеристики микросистем. 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
2	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. Микрогирометры, микрофоны	6	6	12	24
3	Термоэлектрические сенсоры и датчики на их основе	Термоэлектрические и терморезистивные сенсоры, термомеханические и пироэлектрические преобразователи. Датчики: температуры, уровня и потока жидкости, вакуума. Термометры, болометры, термисторы,	6	6	12	24

		кондуктометры				
4	Оптические сенсоры и датчики на их основе	Фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы. Датчики светового потока и оптического поглощения. Датчики смещения и положения	6	6	12	24
5	Магнитоэлектрические сенсоры	Индуктивные преобразователи. Датчик магнитного поля на эффекте Холла. Магниторезисторы. Магнитодиоды. Магнитотранзисторы	6	6	12	24
6	Химические и биологические сенсоры	Электрохимические сенсоры. Термокаталитические сенсоры. Адсорбционные преобразователи. Датчики состава жидкостей и газов. Датчики влажности. Биологические сенсоры	6	6	12	24
<b>Итого</b>			<b>36</b>	<b>36</b>	<b>72</b>	<b>144</b>

## 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-2	Знать этапы жизненного цикла объектов, систем и процессов	<i>Активная работа на практических занятиях</i>	<i>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>	<i>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>
	Уметь осуществлять профессиональную деятельность на всех этапах жизненного цикла объектов, систем и процессов	<i>Решение стандартных практических задач</i>	<i>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>	<i>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>
	Владеть навыками осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного	<i>Решение прикладных задач в конкретной предметной области</i>	<i>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>	<i>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>

	цикла объектов, систем и процессов			
ОПК-5	Знать способы принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии	<i>Активная работа на практических занятиях</i>	<i>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>	<i>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>
	Уметь выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии	<i>Решение стандартных практических задач</i>	<i>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>	<i>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>
	Владеть навыками принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности	<i>Решение прикладных задач в конкретной предметной области</i>	<i>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>	<i>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе</i>

### 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-2	Знать этапы жизненного цикла объектов, систем и процессов	<i>Тест</i>	<i>Выполнение теста с проходным баллом 90% правильных ответов.</i>	<i>Выполнение теста с проходным баллом 80% правильных ответов.</i>	<i>Выполнение теста с проходным баллом 70% правильных ответов.</i>	<i>В тесте не набран проходной балл</i>
	Уметь осуществлять профессиональную деятельность на всех этапах жизненного цикла объектов, систем и процессов	<i>Решение стандартных практических задач</i>	<i>Выполнение теста с проходным баллом 90% правильных ответов.</i>	<i>Выполнение теста с проходным баллом 80% правильных ответов.</i>	<i>Выполнение теста с проходным баллом 70% правильных ответов.</i>	<i>В тесте не набран проходной балл</i>
	Владеть навыками осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах	<i>Решение прикладных задач в конкретной предметной области</i>	<i>Выполнение теста с проходным баллом 90% правильных ответов.</i>	<i>Выполнение теста с проходным баллом 80% правильных ответов.</i>	<i>Выполнение теста с проходным баллом 70% правильных ответов.</i>	<i>В тесте не набран проходной балл</i>

	жизненного цикла объектов, систем и процессов					
ОПК-5	Знать способы принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии	<i>Тест</i>	<i>Выполнение теста с проходным баллом 90% правильных ответов.</i>	<i>Выполнение теста с проходным баллом 80% правильных ответов.</i>	<i>Выполнение теста с проходным баллом 70% правильных ответов.</i>	<i>В тесте не набран проходной балл</i>
	Уметь выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии	<i>Решение стандартных практических задач</i>	<i>Выполнение теста с проходным баллом 90% правильных ответов.</i>	<i>Выполнение теста с проходным баллом 80% правильных ответов.</i>	<i>Выполнение теста с проходным баллом 70% правильных ответов.</i>	<i>В тесте не набран проходной балл</i>
	Владеть навыками принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности	<i>Решение прикладных задач в конкретной предметной области</i>	<i>Выполнение теста с проходным баллом 90% правильных ответов.</i>	<i>Выполнение теста с проходным баллом 80% правильных ответов.</i>	<i>Выполнение теста с проходным баллом 70% правильных ответов.</i>	<i>В тесте не набран проходной балл</i>

## **7.2 Примерный перечень оценочных средств (типичные 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? а) Пассивные
- Активные
  - Микромеханические
  - Термоэлектрические
  - Оптические
  - Магнитоэлектрические
  - Химические
- 5) К какому классу по виду измеряемой величины относятся пьезоэлектрические преобразователи? а) Пассивные
- Активные
  - Микромеханические
  - Термоэлектрические
  - Оптические
  - Магнитоэлектрические
  - Химические
- 6) К какому классу по способу формирования выходного электрического сигнала относятся тензорезистивные преобразователи? а) Пассивные
- Активные
  - Микромеханические
  - Термоэлектрические
  - Оптические
  - Магнитоэлектрические
  - Химические
- 7) К какому классу по виду измеряемой величины относятся тензорезистивные преобразователи? а) Пассивные
- Активные
  - Микромеханические
  - Термоэлектрические
  - Оптические
  - Магнитоэлектрические
  - Химические
- 8) К какому классу по способу формирования выходного электрического сигнала относятся емкостные преобразователи? а) Пассивные
- Активные
  - Микромеханические
  - Термоэлектрические
  - Оптические
  - Магнитоэлектрические
  - Химические
- 9) К какому классу по виду измеряемой величины относятся емкостные преобразователи? а) Пассивные
- Активные

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

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

- фотодиоды?
- a. 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?
- a. Пассивные
  - b. Активные
  - c. Микромеханические
  - d. Термоэлектрические
  - e. Оптические
  - f. Магнитоэлектрические
  - g. Химические
- 21) К какому классу по виду измеряемой величины относятся фототранзисторы?
- a. 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?
- a. Пассивные
  - b. Активные
  - c. Микромеханические
  - d. Термоэлектрические
  - e. Оптические
  - f. Магнитоэлектрические
  - g. Химические
- 23) К какому классу по виду измеряемой величины относятся индуктивные преобразователи?
- a. 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?
- a. Пассивные
  - b. Активные
  - c. Микромеханические
  - d. Термоэлектрические
  - e. Оптические
  - f. Магнитоэлектрические
  - g. Химические
- 25) К какому классу по виду измеряемой величины относятся магниторезисторы?
- a. 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?
- a. Пассивные
  - b. Активные
  - c. Микромеханические
  - d. Термоэлектрические
  - e. Оптические
  - f. Магнитоэлектрические
  - g. Химические
- 27) К какому классу по виду измеряемой величины относятся магнитодиоды?
- a. Пассивные
  - b. Активные
  - c. Микромеханические
  - d. Термоэлектрические
  - e. Оптические
  - f. Магнитоэлектрические
  - g. Химические
- 28) К какому классу по способу формирования выходного электрического сигнала относятся магнитотранзисторы?
- a. Пассивные
  - b. Активные
  - c. Микромеханические
  - d. Термоэлектрические

- e. Оптические
  - f. Магнитоэлектрические
  - g. Химические
- 29) К какому классу по виду измеряемой величины относятся магнитотранзисторы?
- a. 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?
- a. 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 термодаталитические сенсоры?
- a. Пассивные
  - b. Активные
  - c. Микромеханические
  - d. Термоэлектрические
  - e. Оптические
  - f. Магнитоэлектрические
  - g. Химические
- 33) К какому классу по виду измеряемой величины относятся термодаталитические сенсоры?
- a. 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?
- a. Пассивные
  - b. Активные
  - c. Микромеханические
  - d. Термоэлектрические
  - e. Оптические
  - f. Магнитоэлектрические
  - g. Химические
- 35) К какому классу по виду измеряемой величины относятся адсорбционные преобразователи?
- a. 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 К
- 3) В каких пределах лежит коэффициент чувствительности тензоэлементов для металлических проводников?
- a. 2...6
  - b. 40...200
  - c.  $10^{-3}$ ... $10^{-1}$
- 4) В каких пределах лежит коэффициент чувствительности тензоэлементов для полупроводников?

- a. 2...6
  - b. 40...200
  - c.  $10^{-3} \dots 10^{-1}$
- 5) В каком диапазоне температур используют терморезистивные сенсоры из платины и никеля?
- a. От минус 200 до 850 °С
  - b. От 0 до 50 °С
  - c. От 0 до 850 °С
- 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 пирозлектриках?
- a. в ответ на изменение температуры
  - b. при постоянной температуре выше 0 К
  - 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?
- a. Болометры
  - b. Пирозлектрики
  - 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?
- Разница между световым током и темновым током
  - Сумма светового тока и темнового тока
  - Только световым током
  - Только темновым током
- 3) Можно ли с помощью неподвижной катушки индуктивности измерить постоянное магнитное поле?
- Да, необходимо только вращать катушку с постоянной скоростью
  - Нет, может измерить только переменное магнитное поле
  - Да, можно
  - 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»?
- вверх
  - вправо
  - вниз
  - влево
  - вперед
  - назад
- 5) Какую подвижность основных носителей зарядов имеют полупроводники InSb, которые используются для датчиков Холла?
- $77000 \text{ см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$
  - $8500 \text{ см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$
  - $3800 \text{ см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$
  - $125 \text{ см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$
- 6) Какие электроды необходимы для работы электрохимического датчика?
- Вспомогательные электрод
  - Рабочий электрод
  - Эталонный электрод
  - Вторичный электрод
- 7) Что является носителями заряда в электролите?
- Электроны
  - Ионы
  - Протоны
  - Нейтроны
- 8) Что является чувствительным элементом в пеллисторе?

- a. Платиновая катушка
  - b. Пористый каталитический металл - палладий
  - c. Пироэлектрический преобразователь
  - d. Фототранзистор
- 9) Что такое пеллистор?
- a. Детекторы для обнаружения малых концентраций легковоспламеняющихся газов
  - b. Детекторы температуры внутри шахт
  - c. Детекторы химических реакций в воздухе
  - d. Детекторы термоядерных реакций
- 10) Как изменится объем цилиндрического твердотельного проводника при воздействии на него растягивающего напряжения?
- a. Уменьшится
  - b. Увеличится
  - c. Не изменится

#### **7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету**

1. *Конструкции элементов микромеханических сенсоров*
2. *Пьезоэлектрические преобразователи*
3. *Тензорезистивные преобразователи*
4. *Емкостные преобразователи*
5. *Терморезистивные сенсоры*
6. *Кремниевые сенсоры*
7. *Термоэлектрические сенсоры*
8. *Термоэлектрические сенсоры*
9. *Пироэлектрически преобразователи*
10. *Индуктивные преобразователи*
11. *Датчики магнитного поля на эффекте Холла*
12. *Магниторезисторы*
13. *Магнитодиоды*
14. *Магнитотранзисторы*
15. *Химические сенсоры*
16. *Электрохимические сенсоры*
17. *Термокаталитические сенсоры*
18. *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 жидкости
29. Датчики вакуума
30. Термопары
31. Боллометры
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

### **7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену**

*Не предусмотрено учебным планом*

### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

*Зачет с оценкой проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 20 вопросов. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 20.*

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится, если набрано менее 70%
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится, если набрано от 70% до 80%
3. Оценка «Хорошо» ставится, если набрано от 80% до 90%
4. Оценка «Отлично» ставится, если набрано более 90%

### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение. Сенсоры	ОПК-2, ОПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Микромеханические сенсоры и датчики на их основе	ОПК-2, ОПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Термоэлектрические сенсоры и датчики на их основе	ОПК-2, ОПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
4	Оптические сенсоры и датчики на их основе	ОПК-2, ОПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

			проекту....
5	Магнитоэлектрические сенсоры	ОПК-2, ОПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
6	Химические и биологические сенсоры	ОПК-2, 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. Нанoeлектроника, нанoфотоника 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, 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 усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.