

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

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета \_\_\_\_\_ Бурковский А.В.  
«31» августа 2018 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины

«Физические основы измерительной техники»

Направление подготовки 27.03.04 Управление в технических системах

Профиль Управление и информатика в технических системах

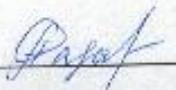
Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2018

Автор программы

 /Т.Л.Сазонова/

Заведующий кафедрой  
Электропривода,  
автоматики и управления в  
технических системах

 /В.Л. Бурковский/

Руководитель ОПОП

 /К.Ю. Гусев/

Воронеж 2018

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

**1.1. Цели дисциплины** – усвоение сущности физических процессов и закономерностей положенных в основу создания международных систем единиц измерения и используемых в измерительной технике;

формирование понимания о назначении, правильном выборе и эксплуатации электроизмерительных приборов, о грамотной планировке экспериментальных исследований;

формирование умения правильной эксплуатации измерительных устройств,

овладение навыками проведения экспериментальных исследований с помощью измерительных приборов и оценки степени достоверности результатов теоретических и экспериментальных исследований;

приобретение студентами опыта индивидуальной и совместной деятельности при решении поставленных задач.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины**

Курс «Физические основы измерений» относится к циклу общепрофессиональных дисциплин. Повышение требований к интенсификации экономики и улучшению качественных показателей выпускаемой продукции требует внедрения современной измерительной техники и метрологического обеспечения производства.

К задаче освоения дисциплины относятся:

изучение основных принципов теории управления техническими системами,

изучение основных методов оценки и обеспечения качества процессов управления,

привитие у студентов навыков сбора данных, изучения, анализа и систематизации научно-технической информации

формирование у студентов научного мышления, правильного понимания границ применимости различных физических явлений.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Дисциплина «Физические основы измерительной техники» относится к дисциплинам базовой части блока Б1 и направлена на изучение физических основ обеспечения единства измерений, правильности, точности и достоверности результатов измерений для последующего их применения в профессиональной деятельности. Изучение курса основывается на знаниях таких предметов как «Общая физика», «Высшая математика», «Статистика и теория вероятности», «Химия».

## **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Процесс изучения дисциплины «Физические основы измерительной

техники» направлен на формирование следующих компетенций:  
 ОПК-2 - способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат,  
 ОПК-5 - способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных,  
 ПК -6 - способностью производить расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления и выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления в соответствии с техническим заданием

<b>Компетенция</b>	<b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>
ОПК-2	<p data-bbox="628 723 1506 925">Знать современное состояние техники реализации эталонов и достигаемая при этом точность, тенденции развития. Закономерности проявления физических эффектов, взаимодействие между объектами материального мира.</p> <p data-bbox="628 936 1506 1059">Уметь описывать, объяснять, анализировать и проводить экспертные оценки качества проводимых измерений</p> <p data-bbox="628 1070 1506 1227">Владеть навыками применения измерительной техники; обработки экспериментальных данных и оценки точности измерений привлекая соответствующий физико-математический аппарат.</p>
ОПК-5	<p data-bbox="628 1243 1506 1355">Знать описание наиболее употребительных физических эффектов, их конструктивное воплощение в измерительной технике.</p> <p data-bbox="628 1366 1506 1489">Уметь применять полученные знания при выборе и проектировании средств измерений и их математических моделей.</p> <p data-bbox="628 1500 1506 1574">Владеть навыками работы с измерительными приборами и измерительными преобразователями</p>
ПК -6	<p data-bbox="628 1597 1506 1753">Знать основные характеристики измерительных приборов, методов проектирования, схем управления, основы моделирования, владение современной техникой измерений.</p> <p data-bbox="628 1765 1506 1933">Уметь применять полученные знания при выборе и проектировании средств измерений и их математических моделей. умения проводить расчет , использовать современные средства,</p> <p data-bbox="628 1944 1506 2047">Владеть навыками по повышению эффективности поиска и решения инженерных задач; методикой выявления новых технических решений.</p>

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Физические основы измерительной техники» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		2
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	90	90
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
<b>Самостоятельная работа</b>	90	90
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость: академические часы зач.ед.	180 5	180 5

#### 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.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Объекты измерений	Материя и ее свойства. Теория отражения. Физическая величина. Понятие измерения. Макроскопические квантовые эффекты. Физические эффекты и их использование для измерения физических величин	3	2	4	4	13
		Понятие о физической величине. Измерительная задача. передача, хранение, воспроизведение единицы физической величины, прослеживаемости единиц физических величин. Эталоны.					
2	Понятие об измерениях	Модель объекта измерения. Измерительный сигнал. Метод измерений. Основные стадии и этапы решения измерительной задачи. Понятие о неопределенности и погрешности измерения	2	2	4	6	14
3	Понятие о средстве измерения	Измерительный преобразователь. Первичный преобразователь. Градуировочная характеристика средств измерений. Статические и динамические характеристики средств измерений. Частотные характеристики датчика. Частотные характеристики первого и второго порядков.	2	2	-	7	11

4	Виды и характеристики измерительных сигналов	Классификация измерительных сигналов. Математическое моделирование измерительных сигналов. Модуляция измерительного сигнала. Девиация частоты. Дискретизация. Кодирование. Помехи	4	2	4	6	16
5	Измерительные цепи	Схемы формирования и преобразования сигнала. Цепь генераторного преобразователя. Согласование датчика с элементами измерительной цепи. Измерительная установка и измерительные информационные системы. Основные типы цепей параметрических преобразователей. Основные схемы преобразования измерительного сигнала.	2	2		6	10
6	Принцип измерения	Измерение времени. Измерение интервалов времени в технике. Колебательный контур. Кварцевые часы	2		4	6	12
7	Измерение состава вещества	Хроматографические методы. Электрохимические методы. Спектрометрические методы. Термические методы. Лазерные спектрометры. Лазерный абсорбционный измеритель малых концентраций в газовых смесях. Лазерный измеритель комбинационного рассеивания.	2	2		6	10
8	Измерение температура	Контактные методы измерения температуры: термометры расширения, термометры сопротивления, термоэлектрические термометры. материалы термоэлектродов. Материалы межэлектродной изоляции термоэлектрических преобразователей. Пьезоэлектрические, емкостные, акустические, термшумовые, квантовые термометры. Пирометрические методы измерения температуры: теоретические основы метода, пирометрия полного излучения, яркостная пирометрия, метод Вульсона.	3	2	4	6	15
9	Измерение параметров движения	Измерение параметров вибрации. Абсолютная и относительная вибрация. Механический аналог вибродатчика. Датчики измерения виброскорости и виброускорения. сейсмический датчик.	2		4	7	13
10	Измерения расхода жидких и газообразных среда.	Объёмные методы расхода. Расходомеры: обтекания, турбинный, переменного перепада давления, корреляционный метод. ультразвуковой, вихриной.	2	2		6	10
11	Измерение линейных размеров и перемещения объектов	Оптический метод измерения, метод отбрасывания тени, дифракционный, трансмиссионный метод ионизирующего излучения. Тензорезистивные, емкостные, индуктивные, дифференциально-трансформаторные преобразователи. Измерения уровня	2		4	6	14
12	Измерение усилий и давления	Методы измерения силы и напряжения Пьезоэлектрический преобразователь	2		4	6	12

		Пьезорезисторный преобразователь. Метод измерения давления. Метод измерения вакуума					
13	Измерение излучений магнитных, электрических и электромагнитных	Основные характеристики и классы ЭМИ. Источники ЭМП: естественные, искусственные. Методы и средства контроля МП. Преобразователи основанные на эффекте ЯМР, эффекте Холла. Преобразователи основанные на тепловом эффекте поглощения излучений.	4		4	6	14
14	Измерение характеристик ионизирующих излучений.	Сцинтилляционный метод. Ионизационный метод. Эмиссионный метод. Детекторы прямого заряда. Тепловой метод.	2	2		6	10
15	Метрологическое обеспечение нанотехнологий	Оптическая микроскопия. Лазерная дифрактометрия. Современные датчики и сенсоры.	2			6	8
			<b>36</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>90</b>	<b>180</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ очная форма обучения

Градуировка измерителя усилий на базе тензометрического преобразователя.

Градуировка нестандартизированного термопреобразователя сопротивления.

Определение показателя визирования инфракрасного пирометра (бесконтактного термометра).

Исследование измерительных сигналов.

Нормирование и оценка эффективности естественного и искусственного освещения в производственном помещении.

Определение горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли.

Исследование эффекта Холла.

Измерение расстояния и вращательного движения.

Измерение мощности.

## 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».

<b>Компетенция</b>	<b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>	<b>Критерии оценивания</b>	<b>Аттестован</b>	<b>Не аттестован</b>
ОПК-2	знать основные физические явления лежащие в основе работы датчиков устройство и принципы их работы	Своевременное выполнение лабораторных работ. Активная работа на практических и лабораторных занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь, анализировать и проводить экспертные оценки качества проводимых измерений применяя соответствующий физико-математический аппарат и типовые методики анализа	Анализировать правильность выбора необходимых измерительных устройств.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками проведения измерений, навыками проведения экспериментальных исследований и анализ полученных результатов, расчетов по типовым методикам оформления расчетных и экспериментальных данных	Выполнение и оформление лабораторных работ, выполнение тестов	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК5	Знать описание наиболее употребительных физических эффектов, их конструктивное воплощение в измерительной технике.	Выполнение тестов активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь применять полученные знания при выборе и проектировании средств измерений и их математических моделей.	Активная работа на практических и лабораторных занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками работы с измерительными приборами и измерительными преобразователями	Выполнение и оформление лабораторных работ, выполнение тестов	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК6	Знать основные характеристики измерительных приборов, методов проектирования, схем управления, основы моделирования, владение современной техникой измерений.	Своевременное выполнение лабораторных работ. Активная работа на практических и лабораторных занятиях. Выполнение тестов	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь применять полученные знания при выборе и проектировании средств измерений и их математических моделей.	Активная работа на практических и лабораторных занятиях. Умение правильного	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

умения проводить расчет, использовать современные средства,	оформления отчета.	программах	программах
Владеть навыками по повышению эффективности поиска и решения инженерных задач; методикой выявления новых технических решений.	Выполнение лабораторных работ и активное участие на практических занятиях.	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 2 семестре для очной формы обучения:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-2	знать основные физические явления лежащие в основе работы датчиков устройство и принципы их работы	Устный опрос	Владение навыками и приемами на высоком уровне, способность дать собственную оценку изучаемого материала	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение базовыми навыками и приемами.	Частичное, фрагментарное владение навыками и приемами работы без грубых ошибок.	Демонстрирует низкий уровень владения материалом, допуская грубые
	уметь, анализировать и проводить экспертные оценки качества проводимых измерений применяя соответствующий физико-математический аппарат и типовые методики анализа	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 проведения измерений, навыками проведения экспериментальных исследований и анализ полученных результатов, расчетов по типовым методикам оформления расчетных и экспериментальных данных	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

ОПК5	Знать описание наиболее употребительных физических эффектов, их конструктивное воплощение в измерительной технике.	Устный опрос	Владение навыками и приемами на высоком уровне, способность дать собственную оценку изучаемого материала	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение базовыми навыками и приемами.	. Частичное, фрагментарное владение навыками и приемами работы без грубых ошибок.	Демонстрирует низкий уровень владения материалом, допуская грубые
	Уметь применять полученные знания при выборе и проектировании средств измерений и их математических моделей.	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 работы с измерительными приборами и измерительными преобразователями	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
ПК 6	Знать основные характеристики измерительных приборов, методов проектирования, схем управления, основы моделирования, владение современной техникой измерений.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь применять полученные знания при выборе и проектировании средств измерений и их математических моделей. умения проводить расчет, использовать современные средства,	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 по повышению эффективности поиска и решения инженерных задач; методикой выявления новых технических решений.	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. Если диссипация энергии в системе отсутствует, в ней:

- а) Может быть равновесие;
- б) Не может быть равновесия;
- в) Возникают силы трения;
- г) Ничего не происходит.

2. Количество энергии, получаемое подсистемой при флуктуации должно быть:

- а) Пропорционально коэффициенту диссипации в подсистеме;
- б) Пропорционально интенсивности тепловых флуктуаций;
- в) Пропорционально коэффициенту диссипации в системе;
- г) Нет правильного ответа.

3. Оценка предела чувствительности, обусловленной дробовым шумом, может измениться под влиянием действия ряда факторов:

- а) Квантовая эффективность фотодетектора, уменьшение которой приводит к уменьшению отношения сигнал-шум;
- б) Взвешенная средняя мощность, попадающая на фотодетектор, определяет уровень дробового (фотонного) шума;
- в) Взвешенная средняя мощность, попадающая на фотодетектор, определяет уровень дисперсию;
- г) Квантовая эффективность фотодетектора, уменьшение которой приводит к увеличению отношения сигнал-шум.

4. Шумы, связанные с обратным рассеянием и отражением, могут содержать компоненты:

- а) Когерентную и некогерентную;
- б) Только когерентную;
- в) Только некогерентную;
- г) Нет правильного ответа.

5. Термодинамически равновесное состояние газа, например, в отсутствие внешних силовых полей полностью определяется:

- а) Только его массой;
- б) Массой, химической природой, давлением и температурой;
- в) Химической природой, давлением;
- г) Температурой.

6 От чего зависит давление, оказываемое газом на стенку сосуда:

- а) От скоростей теплового движения молекул;
- б) От температуры;
- в) От состояния газа;
- г) От толщины стенки сосуда.

7. Если система находится в устойчивом равновесии, то всякий процесс, вызванный в ней внешним воздействием, всегда направлен таким образом:

- а) Что он стремится уничтожить изменения, произведенные внешним воздействием;
- б) Что он стремится привести систему в первоначальное равновесие, из которого система выводится внешним воздействием;
- в) Что он стремится привести систему в более устойчивое состояние;
- г) Нет правильного ответа.

8. Энергия, импульс механической системы являются функциями ее координат и скоростей. Если система замкнута, то:

- а) Величины изменяются во времени;
- б) Величины постоянны или приблизительно постоянны из-за медленности изменения параметров;
- в) Величины сохраняются;
- г) Нет правильного ответа.

9. Назовите ученого опытами которого было показано, что коэффициент объемного расширения натянутой резины положителен:

- а) Томсон
- б) Лебедева
- в) Джоуль
- г) Ле-Шателье

10 Всякое изменение температуры тела вызывает такие потоки теплоты, при которых возникшие разности температур сглаживаются, назовите принцип характеризующий данный процесс:

- а) Принцип Ле-Шателье-Брауна.
- б) Принцип Ленца

- в) Принцип Лебедева
- г) Принцип Джоуля-Ленца

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Определить частоту сигнала  $f_z$ , поданного на вход Z осциллографа, если на входы X и Y поданы сигналы синусоидальной формы частотой  $f_x = 0,8$  кГц, сдвинутые по фазе относительно друг друга на 90 градусов. Количество разрывов изображения  $n = 8$ .

2. У реостатного датчика угла поворота, сопротивление при изменении угла от 0 до 180° линейно меняется от 10 до 1 кОм. Построить статическую характеристику датчика, если в качестве индикатора взят вольтметр с  $R_V = 10$  кОм, а  $E = 10$  В.

3. Какое необходимо количество последовательно включенных термоэлектрических датчиков, чтобы ток цепи индикатора был не менее 10 мА при температуре 20° С, если ЭДС каждого датчика 1В, а внутреннее сопротивление 80 Ом? Сопротивление индикатора 100 Ом.

4. Определить на сколько процентов изменится сопротивление тензодатчика, если его длина 20 мм увеличилась на 0,5мм. Допустить что удельное сопротивление провода тензодатчика при растяжении остается неизменным

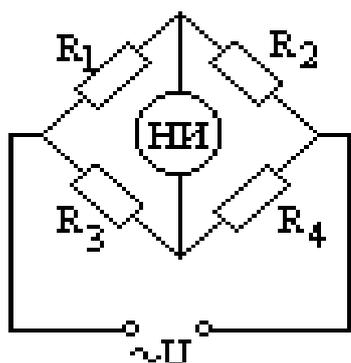
5. Можно ли при измерении сопротивлений жидких проводников или проводников. Обладающих высокой влажностью, пользоваться постоянным током?

6. Можно ли определить измеряемую величину, зная, с какой абсолютной и относительной погрешностями она измерена?

7. Учтя, что радиус атома водорода  $r_H = 0,5 \text{ \AA}$ , оцените массовый  $M_H$  и объемно пространственный  $V_H$  квант вещества. Молекулярная масса водорода 2.016 г/моль

8. Необходимо измерить ток  $I = 4$  А. Имеются два амперметра: один класса точности 0,5 имеет верхний предел измерения 20 А, другой класса точности 1,5 имеет верхний предел измерения 5 А. Определите, у какого прибора

меньше предел допускаемой относительной погрешности и какой прибор лучше использовать для измерения тока  $I = 4$  А.



9. Определить на сколько процентов изменится сопротивление тензодатчика, если его длина 20 мм увеличилась на 0,5мм. Допустить что удельное сопротивление провода тензодатчика при

растяжении остается неизменным.

10. На рисунке показана схема уравновешенного моста постоянного тока. Если  $R_2=7 \text{ Ом}$ ,  $R_3=5 \text{ Ом}$ ,  $R_4=5 \text{ Ом}$ ,  $R_1=?$

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Какой эффект или физическое свойство используют при определении мутности жидкости
2. Какой эффект или физическое свойство используют при определении дефектов изделия
3. Какой эффект или физическое свойство используется в микрофонах
4. Как произвести замер объема жидкости в цистерне
5. При создании магнитного экрана, какой учитывают эффект
6. Как измерить температуру жидкого металла
7. При сварке какие используются физические явления или эффекты
8. Почему при высокой температуре столбик ртути поднимается?
9. Какое явление используется при встряхивании термометра?
10. Какие физические величины можно измерить с помощью осциллографа?

### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

*Укажите вопросы для зачета с оценкой*

1. Основные понятия теории измерений. Обобщенная структурная схема измерительной системы.
2. Информация и ее количественные характеристики.
3. Безусловная и условная энтропии измеряемой величины. Свойства энтропии.
4. Энтропийное значение погрешности измерений.
5. Статические характеристики измерительных преобразователей. Функция преобразования.
6. Чувствительность и порог чувствительности преобразователей.
7. Аддитивная и мультипликативная погрешности средств измерений.
8. Структурные схемы измерительных систем разомкнутого типа.
9. Дифференциальные схемы соединения преобразователей, их особенности.
10. Компенсационные схемы соединения преобразователей.
11. Сигналы измерительной информации, их классификация.
12. Спектральные характеристики периодических сигналов, их основные закономерности.
13. Спектральные характеристики непериодических сигналов, их закономерности.
14. Спектр амплитуд и спектр фаз импульсного сигнала.
15. Энергетический спектр сигнала. Равенство Парсеваля, его использование

в практических целях.

16. Изменения в спектральных характеристиках преобразованных сигналов: сжатых во времени, задержанных во времени.
17. Оценка практической ширины спектра непериодического сигнала.
18. Физические системы, их классификация и математические модели.
19. Динамические характеристики измерительных преобразователей.
20. Частотный коэффициент передачи функционального блока, его АЧХ и ФЧХ.
21. Критерии физической реализуемости измерительной системы.
22. Передаточная функция измерительного преобразователя, методы ее расчета.
23. Импульсная и переходная характеристики измерительной системы.
24. Методы определения АЧХ и ФЧХ измерительной системы.
25. Интеграл Дюамеля и его использование для оценки параметров сигналов.
26. Модуляция гармонического сигнала, ее разновидности. Угловая модуляция.
27. Амплитудная модуляция, ее свойства.
28. Спектральные характеристики амплитудно-модулированных сигналов.
29. Классификация измерительных преобразователей. Генераторные и параметрические датчики.
30. Преобразователи резистивного типа, их сравнительная характеристика.
31. Электромагнитные измерительные преобразователи, их разновидности. Физические принципы работы пьезопреобразователей. Прямой и обратный пьезоэффекты. Почему в случае эффекта Холла возникает ЭДС между боковыми гранями и пластины полупроводника?
32. Основные уравнения пьезоэлектрической среды. Пьезоэлектрические константы.
33. Пьезоэлектрические материалы, их сравнительная характеристика.
34. Принцип электромеханических аналогий. Эквивалентные схемы пьезопреобразователей.
35. Функция преобразования и чувствительность пьезоприемника к усилию на низких частотах.
36. Емкостные преобразователи, их разновидности и рабочие характеристики.
37. Анализ чувствительности емкостного датчика.
38. Схемы включения одинарных и дифференциальных емкостных преобразователей.
39. Физические основы работы тензорезисторных преобразователей. Физическая и геометрическая тензочувствительность.
40. Разновидности, конструкции и технические характеристики тензорезисторов.
41. Схемы включения тензорезисторных преобразователей.
42. Погрешности измерений с помощью тензорезисторов.
43. Предельная частота измерений деформаций объектов с помощью

- тензорезисторов.
44. Индуктивные измерительные устройства, их разновидности и структурные схемы.
  45. Принцип действия индуктивных датчиков линейных перемещений.
  46. Чувствительность и порог чувствительности индуктивного датчика с переменным зазором.
  47. Схемы включения индуктивных преобразователей.
  48. Сравнительная характеристика индуктивных, взаимоиндуктивных и вихревых преобразователей.
  49. Физические основы, характеристики и конструктивные особенности индукционных преобразователей.
  50. Объяснить, почему нестационарный эффект Джозефсона используют в эталоне напряжения. Чем объяснить точность измерения напряжения в эталоне напряжения на базе эффекта Джозефсона?
  51. Какие физические величины измеряют, используя методы ЯМР и ЭПР?
  52. Почему эффект Мессбауэра называют еще эффектом резонансного поглощения  $\gamma$ -излучения?

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

*Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, 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	Объекты измерений	ОПК-2	Тест, практические занятия, защита лабораторных работ
2	Понятие об измерениях	ОПК-2, ОПК-5, ПК-6	Тест, защита лабораторных работ
3	Понятие о средстве измерения	ОПК-2, ОПК-5,	тест, практические занятия, контрольная работа

4	Виды и характеристики измерительных сигналов	ОПК-2, ОПК-5, ПК-6	Тест, защита лабораторных работ
5	Измерительные цепи	ОПК-2	Тест, защита лабораторных работ
6	Принцип измерения	ОПК-2, ОПК-5, ПК-6	Тест, практические занятия
7	Измерение состава вещества	ОПК-2	Тест, практические занятия
8	Измерение температура	ОПК-2, ОПК-5,	Тест, защита лабораторных работ
9	Измерение параметров движения	ПК-6	Тест, защита лабораторных работ
10	Измерения расхода жидких и газообразных среда.	ОПК-2, ОПК-5,	тест, контрольная работа
11	Измерение линейных размеров и перемещения объектов	ОПК-2, ОПК-5, ПК-6	Тест, защита лабораторных работ
12	Измерение усилий и давления	ОПК-2, ОПК-5, ПК-6	Тест, защита лабораторных работ
13	Измерение излучений магнитных, электрических и электромагнитных	ОПК-2, ОПК-5,	Тест, защита лабораторных работ
14	Измерение характеристик ионизирующих излучений.	ОПК-2, ОПК-5, ПК-6	Тест, защита лабораторных работ
15	Метрологическое обеспечение нанотехнологий	ОПК-5, ПК-6	тест, контрольная работа

### **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. Смирнов Ю.А., Соколов С.В., Титов Е.В. Физические основы электроники: Основы микроэлектроники и микропроцессорной техники: учебное пособие/ Смирнов Ю.А., Соколов С.В., Титов Е.В. -2-е изд., испр. - Санкт-Петербург: Лань, 2013-496с. ) ISBN 978-8114-1379-9.- Текст: электронный//Лань: электронно-библиотечная система –URL: : <https://e.lanbook.com/book/12948>

2. Бурковский В.Л., Глотова Ю.Н., Ефремов Д.А., Романов А.В. Физические явления и эффекты в технических системах : учеб. пособие. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2007. - 246 с.

3. Кириллов, Ю.В. Физические основы электроники [Электронный ресурс] : Учеб. пособие.-Воронеж.ВГТУ,

4. Ткаченко Ф. А. Электронные приборы и устройства: Учебник / Ф.А. Ткаченко. - М.: ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2011. - 682 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-16-004658-7, 2000 экз. <http://znanium.com/bookread.php?book=209952>

5. Афанасьев, А. А. Физические основы измерений и эталоны [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.А. Афанасьев, А.А. Погонин. – М. : ИНФРА-М, 2018. – 246 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/>

6. Рембеза, Е.С. Датчики на основе магнитных и оптических эффектов: Учеб. пособие.- Воронеж 6 ГОУВПО «воронежский государственный государственный технический университет», 2010. -182с.

### **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:**

#### **Лицензионное программное обеспечение**

–Microsoft Office Word 2007

–Microsoft Office Excel 2007

–Microsoft Office Power Point 2007

#### **Отечественное ПО**

–«Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ»»

– Модуль «Программный комплекс поиска текстовых заимствований в

открытых источниках сети интернет «Антиплагиат-интернет»»

–Модуль обеспечения поиска текстовых заимствований по коллекции диссертаций и авторефератов Российской государственной библиотеки (РГБ)

–Модуль поиска текстовых заимствований по коллекции научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU

**Ресурс информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

–<http://www.edu.ru/>

Образовательный портал ВГТУ

**Информационная справочная система**

–<http://window.edu.ru>

–<https://wiki.cchgeu.ru/>

**Современные профессиональные базы данных**

–Электротехнический портал. Адрес ресурса: <http://электротехнический-портал.рф/>

–Силовая Электроника для любителей и профессионалов. Адрес ресурса: <http://www.multikonelectronics.com/>

–Справочники по электронным компонентам. Адрес ресурса: <https://www.rlocman.ru/comp/sprav.html>

–Известия высших учебных заведений. Приборостроение (журнал). Адрес ресурса: <http://pribor.ifmo.ru/ru/archive/archive.htm>

– Справочники по электронным компонентам

Адрес ресурса: <https://www.rlocman.ru/comp/sprav.html>

–Электроцентр. Адрес ресурса: <http://electrocentr.info/>

–Netelectro. Новости электротехники, оборудование и средства автоматизации. Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления. Адрес ресурса: <https://netelectro.ru/>

–Электромеханика. Адрес ресурса: <https://www.electromechanics.ru/>

–Росстандарт. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Адрес ресурса: <https://www.gost.ru/portal/gost/>

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Специализированная лекционная аудитория, оборудованная для лекционных занятий **Учебные лаборатории:**

«Метрологии»

**Натурные лекционные демонстрации:**

– датчики

– измерительные приборы

*Укажите материально-техническую базу*

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

По дисциплине «Физические основы измерительной техники» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

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 расчета электрических цепей и основных характеристик электротехнических устройств. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. 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.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению 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 начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой, зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

Лист регистрации изменений

№ 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	30.08.2018	
2	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2019	
3	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2020	

## Аннотация рабочей программы

Дисциплина «Физические основы измерительной техники» является частью профессионального цикла дисциплин подготовки студентов по направлению 27.03.04 Управление в технических системах. Дисциплина реализуется на базе кафедры «Электропривода, автоматике и управления в технических системах». Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с формированием представлений о будущей профессиональной деятельности выпускника по направлению «Управление и информатика в технических системах» в области фундаментальных понятий метрологии, единства измерений, системы воспроизведения единиц физических величин и физических основ измерительных преобразований.

Цели дисциплины – усвоение сущности физических процессов и закономерностей положенных в основу создания международных систем единиц измерения и используемых в измерительной технике.

К задаче освоения дисциплины относятся: изучение основных принципов теории управления техническими системами, изучение основных методов оценки и обеспечения качества процессов управления, привитие у студентов навыков сбора данных, изучения, анализа и систематизации научно-технической информации, формирование у студентов научного мышления, правильного понимания границ применимости различных физических явлений.

Процесс изучения дисциплины «Физические основы измерительной техники» направлен на формирование следующих компетенций: ОПК-2, ОПК-5, ПК -6.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные занятия и самостоятельная работа студента. Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости в виде защиты отчетов по лабораторным работам и посещаемости занятий студентами.
- промежуточный контроль в виде контрольных работ по разделам текущего модуля;
- рубежный контроль в виде зачета с оценкой.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 180 часов за семестр обучения. Программой дисциплины предусмотрено 36 часов лекций, 18 часов

практических занятий и 36 лабораторных занятий, а также самостоятельная работа 90 часов.