

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА» (БГТУ им. В.Г. Шухова)**

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института

« 20 » мая 20 21 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины**

**ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ЭТАЛОНЫ**

направление подготовки (специальность):

**27.03.01 «Стандартизация и метрология»**

Направленность программы (профиль, специализация):

**«Метрология, стандартизация и сертификация»**

Квалификация:

**бакалавр**

Форма обучения

**очная**

**Институт энергетике, информационных технологий и управляющих систем**

**Кафедра: Стандартизация и управление качеством**

Белгород – 2021

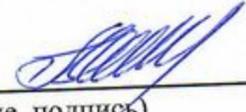
Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки – 27.03.01 – Стандартизация и метрология (уровень бакалавриата), утвержденногo приказа Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 7 августа 2020 г. № 901;
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составитель (составители): к.т.н., доцент  (С.В. Сергеев)  
(ученая степень и звание, подпись)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 28 » апреля 20 21 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой: к.т.н., проф.  (О.В. Пучка)  
(ученая степень и звание, подпись)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой СиУК

Заведующий кафедрой: к.т.н., проф.  (О.В. Пучка)  
(ученая степень и звание, подпись)

« 28 » апреля 20 21 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 20 » мая 20 21 г., протокол № 9

Председатель к.т.н., доцент  (А.Н. Семернин)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Анализ задач управления	<b>ОПК-1</b> Способен анализировать задачи профессиональной деятельности на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики	ОПК-1.3 Применяет знания основных понятий, явлений и фундаментальных законов физики для решения вопросов метрологического обеспечения, воспроизведения единиц физических величин и проведения измерений	В результате освоения дисциплины обучающийся должен <b>Знать:</b> физический смысл понятия «метрологическое обеспечение»; физические основные методы измерений, контроля и испытаний <b>Уметь:</b> ставить задачи при осуществлении измерительного эксперимента <b>Владеть:</b> навыками подготовки к проведению метрологических измерений

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Физика

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Метрология
2	НИР по специальности
3	Методы и средства измерений и контроля
4	Контроль качества материалов и изделий

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 216 часов.

Форма промежуточной аттестации экзамен

Вид учебной работы <sup>1</sup>	Всего часов	Семестр № 1	Семестр № 2	Семестр № 3	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины, час	216				216
<b>Контактная работа (аудиторные</b>	90				90

<b>занятия), в т.ч.:</b>					
лекции	34				34
лабораторные	17				17
практические	34				17
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации <sup>2</sup>	5				5
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	126				126
Курсовой проект					
Курсовая работа					
Расчетно-графическое задание	3				3
Индивидуальное домашнее задание					
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)					
Экзамен	3				3

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 2 Семестр 4

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час				
		Лекции и	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Итого
<b>1. Элементы методов теории подобия и анализа размерностей</b>						
	Определение размерности. Размерные и безразмерные величины. Размерности производных величин. Анализ размерностей физических величин. П-теорема. Подобные системы. Критерии подобия.	4	8		20	
<b>2. Измерительные системы</b>						
	Принципы построения измерительных систем. Основные функции измерительной системы. Идеализированная блок-схема измерительной системы. Важнейшие функциональные блоки измерительной системы. Датчики. Преобразование сигналов. Измерительные преобразователи. Преобразование неэлектрических сигналов в электрические. Классификация измерительных преобразователей. Методы измерений, область их применения, их достоинства и недостатки.	2	3	6	15	
<b>3. Элементы современной физической картины мира</b>						
	Физическая картина мира. Механическая и электромагнитная картины мира. Кризис физики и "новейшая революция в естествознании". Постоянные необратимые изменения Вселенной и стабильность фундаментальных физических постоянных: Принципы организации современного научного знания. Пространство и время, поле и вещество, взаимодействие, взаимопревращения частиц, физический вакуум, вероятность в современной картине мира	2			10	
<b>4. Квантово-механическое описание отдельных частей физической картины мира</b>						
	Элементы квантовой теории. Дискретность (квантование). Корпускулярно-волновой дуализм. Соотношение неопределенности и принцип дополнительности как причины невозможности полного устранения неопределенности результатов измерений. Взаимовлияние объектов микро- и макромира. Шумы: влияние броуновского движения, тепловой шум, дробовой эффект, фликкер-эффект, генерационно-рекомбинационный шум, квантовый шум. Фазочувствительные детекторы и усилители. Самодвижение материи как фундамен-	3			10	

	тальный источник погрешностей измерений.				
<b>5. Фундаментальные пределы точности измерений</b>					
	Современные представления о микро- и макромире. Неразрывная связь микромира и макромира. Виды взаимодействий. Элементарные частицы. Потенциальные ресурсы стабильности параметров физических объектов микромира. Физико-техническое обеспечение инженерных решений проблемы передачи стабильности объектов микромира микроскопическим объектам измерительных приборов и систем.	2			16
<b>6. Адиабатические инварианты. Физические принципы создания современной эталонной базы с использованием физических эффектов и явлений</b>					
	Термоэлектрические явления: Зеебека эффект, явления Пельтье, Томсона. Термопреобразователь сопротивления. Гальваномагнитные эффекты: эффект Холла, Эттинсгаузена, Нернста, магниторезистивный. Квантованное сопротивление Холла и фундаментальные постоянные. Создание эталонов с помощью квантованного эффекта Холла. Явление сверхпроводимости. Эффекты Джозефсона. Применение эффектов Джозефсона для создания эталонов. Эффект Ааронова-Бома. Единая теория поля Вейля. Связь эффектов Комптона, Мейснера, Зеемана, Вавилова-Черенкова, Мессбауэра фотоэффекта, с положениями Единой теории поля и эффектом Ааронова-Бома на квантовом уровне. Применение квантовых эффектов для создания эталонов	4	6	11	22
	<b>ВСЕГО</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>93</b>

#### 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № <u>4</u>				
1	Элементы методов теории подобия и анализа размерностей	Анализ размерности	4	4
2	Элементы методов теории подобия и анализа размерностей	Метод подобия	4	4
3	Адиабатические инварианты. Физические принципы создания современной эталонной базы с использованием физических эффектов и явлений	Эталон массы	2	2
4	Адиабатические инварианты. Физические принципы создания современной эталонной базы с использованием физических эффектов и явлений	Эталоны электрических величин	4	4
5	Измерительные системы	Расчеты для основных физических величин	2	2
6	Измерительные системы	Расчеты линейных величин	1	1
ИТОГО:			17	17
ВСЕГО:				34

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 4				
1	Классические измерительные системы	Изучение измерительных датчиков, как элементов измерительных систем.	4	4
2	Физические принципы создания современной эталонной базы с использованием физических эффектов и явлений	Изучение термоэлектрических эффектов	2	2
3	Классические измерительные системы	Изучение систем измерительных приборов.	2	2
4	Адиабатические инварианты. Физические принципы создания современной эталонной базы с использованием физических эффектов и явлений	Изучение работы электронного осциллографа.	3	3
5	Адиабатические инварианты. Физические принципы создания современной эталонной базы с использованием физических эффектов и явлений	Измерение температуры термомпарой.	2	2
6	Физические принципы создания современной эталонной базы с использованием физических эффектов и явлений	Преобразование механической энергии в упругую в измерительных динамометрах.	2	2
ИТОГО:			17	17
ВСЕГО:				34

### 4.4. Содержание курсового проекта/работы

Учебным планом КП и КР не предусмотрены

### 4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Основное назначение РГЗ – сформировать у студентов основы знаний для изучения последующих дисциплин: метрология; методы и средства измерений, испытаний и контроля; стандартизация и сертификация.

Каждый студент выполняет РГЗ по индивидуальному варианту с раскрытием сущности физического явления при измерении конкретной физической величины и приводит общую схему ее измерения.

#### Темы РГЗ

№ п/п	Наименование темы
1	Физические основы измерения химического состава хроматографами.
2	Физические основы измерения состава спектро스코пами.
3	Физическая сущность дифференциального термического анализа.
4	Физические основы измерения плотности по перепаду давления.
5	Физические основы измерения линейных величин пневматическими средствами.

6	Физические основы измерения линейных величин электрическими средствами.
7	Физические основы измерения линейных величин оптическими средствами.
8	Физические основы работы амперметров и вольтметров.
9	Физические основы измерения расхода потока по перепаду давления.
10	Физические основы измерений ультразвуковыми расходомерами.
11	Физические основы измерений магнитогидродинамическими расходомерами.
12	Физические основы измерений колебательными расходомерами.
13	Физические основы измерений мгновенной скорости потока по перепаду давления.
14	Физические основы измерений уровня жидкости электрическими средствами.
15	Физические основы измерений уровня жидкости ультразвуковыми методами.
16	Физические основы измерений уровня жидкости радиационными методами.
17	Физические основы измерений давления диафрагмами.
18	Физические основы измерений давления капсулами и сифонами.
19	Физические основы измерений давления трубками Бурдона.
20	Физические основы измерений излучения газовыми детекторами.
21	Физические основы измерений излучения сцинтилляционными счетчиками.
22	Физические основы измерений излучения фоторегистрационными и термолюминесцентными средствами.
23	Физические основы измерений напряжений и деформаций тензомерами.
24	Физические основы измерений температуры жидкостными термометрами.
25	Физические основы измерений температуры термометрами.
26	Физические основы измерений температуры пирометрами.
27	Физические основы измерений вакуума.
28	Физические основы измерений механических сил упругими средствами.
29	Физические основы работы моста постоянного тока.
30	Физические основы работы потенциометрических мостов.

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1. Реализация компетенций

#### 1 Компетенция ОПК-1

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-1.3 Применяет знания основных понятий, явлений и фундаментальных законов физики для решения вопросов метрологического обеспечения, воспроизведения единиц физических величин и проведения измерений	Экзамен, защита РГЗ, защита лабораторной работы, тестовый контроль, собеседование, устный опрос

#### 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

		применения, их достоинствах и недостатках.
--	--	--

### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Элементы методов теории подобия и анализа размерностей	Что такое размерность? Рассказать о размерных и безразмерных величинах. Как определяют размерности производных величин? Что представляет собой уравнение размерности? В чем заключается смысл П-теоремы? Рассказать о подобных системах и критериях подобия.
2	Измерительные системы	Каковы принципы построения измерительных систем? Какие функции выполняют измерительной системы? Какие важнейшие функциональные блоки входят в измерительную систему? Что представляет собой датчик? Каким образом происходит преобразование неэлектрических сигналов в электрические? Как классифицируются измерительные преобразователи? Рассказать о методах измерений, области их

3	Элементы современной физической картины мира	Что представляют собой: физическая картина мира? механическая и электромагнитная картины мира? В чем заключаются постоянные необратимые изменения Вселенной и стабильность фундаментальных физических постоянных? Физический смысл пространства, времени, поля и вещества, взаимодействия, взаимопревращения частиц, физического вакуума?
4	Квантово-механическое описание отдельных частей физической картины мира	Что представляет собой дискретность (квантование) в квантовой теории? В чем заключается сущность корпускулярно-волнового дуализма? В чем заключается сущность соотношения неопределенностей (Гейзенберга)? Смысл принципа дополнительности. Почему нельзя полностью устранить неопределенность результатов измерений? Рассказать о взаимовлиянии объектов микро- и макромира. Какие виды шумов различают при описании физической картины мира? Что является фундаментальным источником погрешностей измерений?
5	Фундаментальные пределы точности измерений	В чем заключаются потенциальные ресурсы стабильности параметров физических объектов микромира?
6	Адиабатические инварианты. Физические принципы создания современной эталонной базы с использованием физических эффектов и явлений	Какие эффекты составляют основу метрологических измерений? Назовите наиболее распространенные физические эффекты. Какие квантовые эффекты применяются для создания эталонов?

### 5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы

Учебным планом КП и КР не предусмотрены

### 5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре Перечень вопросов для текущего и промежуточного контроля

№ п/п	Наименование вопросов
1.	Измерение, его свойства.
2.	Измерение как процесс познания окружающего мира.
3.	Классификация измерений по уровням.
4.	Классификация измерений в зависимости от способа их получения.
5.	Размерности физических единиц.
6.	Системы единиц измерения.
7.	П-теорема.
8.	Подобные системы.
9.	Критерии подобия.
10.	Применение анализ размерностей для определения зависимости периода колебаний математического маятника.
11.	Применение анализ размерностей для доказательства теоремы Пифагора.

12.	Идеализированная блок-схема измерительной системы. Важнейшие функциональные блоки измерительной системы.
13.	Датчики.
14.	Устройства индикации, регистрация данных, управление и обратная связь.
15.	Преобразование неэлектрических сигналов в электрические. Классификация измерительных преобразователей.
16.	Методы измерений, область их применения, их достоинства и недостатки.
17.	Методы сравнения с мерой.
18.	Физическая картина мира
19.	Механическая картина мира-предпосылки возникновения
20.	Механистическая картина мира.
21.	Электромагнитная картина мира.
22.	Кризис физики и "новейшая революция в естествознании".
23.	Теория измерений
24.	Характеристика основных типов измерительных преобразователей.
25.	Эволюция Вселенной в современной картине мира.

#### 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена, при защите курсового проекта используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично<sup>3</sup>.

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов, определений, понятий Знание основных закономерностей, соотношений, принципов Объем освоенного материала Полнота ответов на вопросы Четкость изложения и интерпретации знаний
...	

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий	Не знает терминов и определений	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	Знает термины и определения	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов	Не знает основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, их интерпретирует и использует	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, может самостоятельно их получить и

				использовать
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все - полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, самостоятельной работы УК4 №420	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, компьютер Оптиметр горизонтальный ИКГ 3; прибор контроля изделий на биение ПБ-250; наборы измерительных инструментов
2	Компьютерные классы	Оборудованные компьютерами, специализированной мебелью
3	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

### 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

### 6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Афанасьев А.А. Физические основы измерений: учебник / А.А. Афанасьев, А.А. Погонин, А.Г. Схиртладзе. – М.: ИЦ «Академия», 2010. – 240 с.
2. Афанасьев А.А. Физические основы измерений: УМК / А.А. Афанасьев, А.А. Погонин. – Белгород: изд-во БГТУ, 2008. – 275 с.
3. Афанасьев А.А. Измерение физической величины и воспроизведение ее единицы эталоном: методические указания к выполнению расчетно-графической работы по дисциплине «Физические основы измерений и эталоны» для бакалавров на-

правления – «Стандартизация и метрология / А.А. Афанасьев, Е.А. Володина. – Белгород: изд-во БГТУ, 2014. – 22 с. Режим доступа:

<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2015072212060457000000659103>

4. Афанасьев А.А., Санин С.Н. Методические указания к выполнению лабораторных работ по физическим основам измерения для студентов / А.А. Афанасьев, С.Н. Санин. – Белгород: изд-во БГТУ, 2011. – 76 с. Режим доступа:

<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040919012688176700004852>

5. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вузов / Т.И. Трофимова М.: Высш. шк. 2009. – 541 с.

6. Мансуров А.Н. Физическая картина мира: учебник / А.Н. Мансуров. – М.: Дрофа, 2008. – 270 с.

7. Рябинин Г.А., Бологов А.В. и др. Справочник физических величин – М.: Союз. 2001. 348 с.

#### **6.4. Перечень интернет ресурсов**

1. Электронный читальный зал БГТУ им. В.Г. Шухова / <https://elib.bstu.ru/>

2. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» / <http://e.lanbook.com/>

3. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» / <http://www.iprbookshop.r>

4. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» / <http://biblioclub.ru/>

5. Сборник нормативных документов «Норма CS»

6. [www.metrob.ru](http://www.metrob.ru)

7. [www.gost.ru/wps/portal/](http://www.gost.ru/wps/portal/)

## 7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ<sup>4</sup>

Рабочая программа утверждена на 2020/2021 учебный год  
с изменениями, дополнениями

Протокол № \_\_\_\_\_ заседания кафедры от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Директор института \_\_\_\_\_

---

