Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко»

Кафедра метрологии, стандартизации и сертификации

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.Б.19 Физические основы измерений и эталоны»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки
27.03.02 Управление качеством
(код и наименование направления подготовки)

Управление качеством, стандартизация, метрология и подтверждение соответствия
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Год набора 2026

Рабочая программа дисциплины «*Б1.Д.Б.19 Физические основы измерений и эталоны*» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра метрологии, стандартизации и сертификации
наименование кафедры

протокол № 07 от " 16 " *февраля* 2026г.

Заведующий кафедрой
Кафедра метрологии, стандартизации и сертификации (МСиС) _____ *Л.Н. Третьяк*
наименование кафедры *подпись* *расшифровка подписи*

Исполнители:
Заведующий кафедрой МСиС _____ *Л.Н. Третьяк*
должность *подпись* *расшифровка подписи*

_____
должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
27.03.02 Управление качеством _____ *Л.Н. Третьяк*
код наименование *личная подпись* *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
_____ С.А. Бикшимирова
личная подпись *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству факультета
_____ Р.Х. Хасанов
личная подпись *расшифровка подписи*

№ регистрации _____

© Л.Н. Третьяк, 2026
© ОГУ, 2026

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины: формирование целостного представления об измерительном процессе как совокупности физических принципов и методов измерений, направленных на повышение точности и обеспечение единства измерений, необходимых для повышения качества продукции и оказываемых услуг.

Задачи:

- познание измерительного процесса как способа получения количественной информации о свойствах и характеристиках объектов;
- изучение основных элементов физической картины мира, оказывающих влияние на точность и стабильность результатов измерений; физических, эффектов, используемых при создании современных эталонных установок;
- изучение алгебры размерностей физических величин и фундаментальных физических постоянных, основных физических эффектов, методов и принципов измерений;
- изучение основных (фундаментальных) источников формирования погрешности при измерениях; основных информационных потоков, участвующих в измерительном процессе и их виды;
- развитие умений анализировать влияние основных (фундаментальных) источников формирования погрешностей на суммарную погрешность результатов измерений;
- применение теории размерностей для проверки правильности основных физических закономерностей, протекающих в природе;
- приобретение навыков по выбору методов и принципов измерений при разработке методик выполнения измерений, испытаний и контроля; по выбору принципов и методов измерений при воспроизведении единиц соответствующих физических величин.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Отсутствуют*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.В.8 Метрология, Б1.Д.В.9 Методы и средства измерений, испытаний и контроля*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-1 Способен анализировать задачи профессиональной деятельности на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики	ОПК-1-В-1 Понимает содержание математических и естественнонаучных дисциплин, составляющих теоретическую основу профессиональной подготовки в области управления качеством ОПК-1-В-2 Применяет на практике основные положения, законы и методы естественных наук и математики для решения проблем управления качеством в социальной и производственно-	**Знать:** - основные физические явления и законы; - основные физические величины и константы; - основные информационные потоки, участвующие в измерительном процессе и их виды. **Уметь:** - применять физико-математические методы для решения практических задач,

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
	технологических системах ОПК-1-В-3 Решает сложные и проблемные вопросы в сфере анализа и улучшения качества работы предприятий и организаций любой отраслевой принадлежности	возникающих в профессиональной деятельности; **Владеть:** - навыками применения основных физических законов в практических задачах профессиональной деятельности; -навыками работы с электротехническими приборами и электронными устройствами; - навыками по выбору методов и принципов измерений при разработке методик выполнения измерений, испытаний и контроля.
ОПК-3 Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления качеством в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности	ОПК-3-В-1 Осуществляет анализ влияния основных источников формирования погрешностей, а также устраняет погрешности измерений ОПК-3-В-2 Выбирает принципы и методы измерений при воспроизведении единиц соответствующих физических величин	**Знать:** - основные (фундаментальные) источники формирования погрешности при измерениях; - основные физические эффекты, методы и принципы измерений, применяемые в современных средствах измерений; - основные физические константы и их единицы измерений; **Уметь:** - анализировать влияние основных (фундаментальных) источников формирования погрешностей на суммарную погрешность результатов измерений. **Владеть:** - навыками выбора средств измерений в зависимости от реализуемых в них методах и принципах измерений; - навыками выбора средств измерений в зависимости их метрологических характеристик.

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы (108 академических часов).

Вид работы	Трудоёмкость, академических часов	
	2 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**108**	**108**
Контактная работа:	**52,25**	**52,25**
Лекции (Л)	18	18
Практические занятия (ПЗ)	34	34

Вид работы	Трудоёмкость, академических часов	
	2 семестр	всего
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
Самостоятельная работа: *- выполнение индивидуального творческого задания (ИТЗ): написание реферата (Р) и подготовка доклада;* *- самоподготовка:* *- проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;* *- изучение разделов курса в системе электронного обучения;* *- изучение разделов массового открытого онлайн-курса «Физические основы квантовых вычислений», «Физические основы механики в задачах и опытах»;* *- подготовка к практическим занятиям;* *- подготовка к рубежному контролю.*	**55,75**	**55,75**
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	**зачет**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 2 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Введение. Роль измерительной информации в процессе познания	8	1	2		5
2	Методы теории подобия и размерности	10	1	2		7
3	Измерение как процесс, основные сведения из метрологии. Принципы, методы и средства измерений. Классические измерительные системы.	12	2	4		6
4	Основные постулаты и аксиоматика теории измерений	10	2	4		4
5	Основные адиабатические инварианты и их роль в измерительном процессе	8	2	2		4
6	Стабильность и повторяемость как необходи-мые условия достижения достоверности и точности результатов измерений.	8	1	4		3
7	Элементы современной физической картины мира	10	1	-		9
8	Фундаментальные источники погрешностей измерений	10	2	4		4
9	Принципиальная невозможность полного устранения неопределённости результатов измерений.	10	2	-		8
10	Квантовые эффекты и основные физические принципы создания эталонной базы.	10	2	4		4
11	Эталоны как средства измерений	12	2	8		2
	Итого:	108	18	34		56
	Всего:	108	18	34		56

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение. Роль измерительной информации в процессе познания. Предметом курса физические основы измерений. Общие понятия об измерительном процессе.

Раздел 2. Методы теории подобия и размерности. Понятие величины, объекты измерений. Классификация величин. Размерность физической величины. Система единиц. Формула размерности. Теоремы теории размерности. Основные эмпирические отношения между материальными объектами. Шкалы, используемые при измерении. Особенности формирования оценки принадлежности объекта к классу эквивалентности. Погрешность оценки. Применение теории размерности.

Раздел 3. Измерение как процесс, основные сведения из метрологии. Принципы, методы и средства измерений. Классические измерительные системы. Измерение как физический процесс. Общая характеристика понятия «измерение». Основные принятые термины. Основные элементы измерений. Классификация измерений. Понятие о принципах и методах измерений. Основные физические эффекты и явления, используемые при измерениях. Пример метода точного измерения линейных величин. Классические измерительные системы. Основные части измерительной системы. Структуры средств измерений. Основные понятия о точности измерительной системы. Место измерительной техники в АСУ.

Раздел 4. Основные постулаты и аксиоматика теории измерений. Основные постулаты теории измерений. Математическая формулировка основного постулата метрологии. Примеры. Теоретические модели материальных объектов и процессов. Виды моделей. Погрешности теоретических моделей. Аксиоматика теории измерений.

Раздел 5. Основные адиабатические инварианты и их роль в измерительном процессе. Общие критерии термодинамической устойчивости. Принцип Ле-Шателье-Брауна и устойчивость термодинамического равновесия. Адиабатические инварианты: свойства.

Раздел 6. Стабильность и повторяемость как необходимые условия достижения достоверности и точности результатов измерений. Основные понятия стабильности измерений. Анализ результатов измерений для объяснения эффекта достаточности измерений. Непостоянство закона распределения ошибок во времени. Примеры применения методов стабилизации результатов измерения. Метод градуировочного графика. Метод стандартных добавок. Титриметрия.

Раздел 7. Элементы современной физической картины мира. Об актуальности создания постнеклассической физики. Взгляд на закономерности смены научных парадигм.

Раздел 8. Фундаментальные источники погрешностей измерений. Статистическая модель тепловых флуктуаций в равновесных системах. Примеры реализации в средствах измерений. Флуктуационно-диссипационная теорема. Формулы Найквиста. Спектральная плотность флуктуации напряжения и тока в колебательном контуре**.** Эквивалентная температура нетепловых шумов**.** Основные источники погрешности при измерении температуры с помощью термопар.

Раздел 9. Принципиальная невозможность полного устранения неопределенности результатов измерений. Самодвижение материи и его конкретные проявления. Формы существования материи. Физика случайных процессов, определяющих минимальную погрешность измерений. Возможности (ограничения) органов зрения человека. Естественные пределы измерений. Фотонный шум. Влияние флуктуаций на порог чувствительности приборов.

Лекция 10. Квантовые эффекты и основные физические принципы создания эталонной базы. Общие представления о квантовых эффектах. Квантовые эффекты. Общие понятия (Джозефсона, Холла, Эффект сверхпроводимости, Явление Пельтье, эффекты Ааронова-Бома, Зеебека, эффект Зеемана, эффект Мёссбауэра, Термоэлектрический эффект Томсона и др.).

Лекция 11. Эталоны как средства измерений. Общая характеристика эталонов. Требования, предъявляемые к эталонам. Роль эталонов в обеспечении единства измерений.

4.3 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1, 2	1, 2	Применение теории подобия и размерности для проверки правильности физических законов	4
3, 4	3	Изучение принципов и методов измерений, применяемых в различных видах измерений	4
5, 6	4	Изучение формулировок основных постулатов теории измерений. Примеры применения постулатов теории измерений на практике. Проверка справедливости и экспериментальное исследование основного (второго) постулата метрологии	4
7	5	Изучение роли основных адиабатических инвариант в измерительном процессе и повышении точности измерений	2
8, 9	6	Изучение практики применения методов стабилизации результатов измерения в аналитической практике: метод градуировочного графика, метод стандартных добавок, титриметрия	4
10, 11	8	Основные источники погрешности при измерении температуры с помощью термопар.	4
11, 13	10	Физические эффекты, положенные в основу создания эталонов.	4
14, 15	11	Изучение структуры средств измерений и выявление возможных источников формирования погрешностей.	4
16, 17	11	Изучение принципов функционирования эталона массы.	4
		Итого:	34

4.4 Индивидуальное творческое задание (ИТЗ)

1. Подготовить реферат (Р) и доклад с презентацией по ниже приведённым темам (в таблице приведены примеры формулировок тем для подготовки докладов и презентаций). Полный список тем представлен в Фонде оценочных средств по дисциплине (Блок С - Выполнение индивидуального творческого задания (ИТЗ)).

Таблица – Темы для подготовки докладов и презентаций (фрагмент)

1	Сущность эффекта Джозефсона. Его применение в метрологии
2	Сущность эффекта Зеебека и особенности его применения в термоэлектрических преобразователях
3	Сущность эффекта Холла. Его применение при измерениях
4	Сущность эффекта Пельтье. Область применения при измерениях
5	Принцип Ле-Шателье-Брауна и устойчивость термодинамического равновесия
6	Особенности применения теории подобия в метрологии
7	Макроскопические параметры и их влияние на стабильность измерений

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1 Дресвянников, А. Ф. Эталоны физических величин : учебное пособие : [16+] / А. Ф. Дресвянников, С. Ю. Ситников, И. Д. Сорокина ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2013. – 144 с. : ил.,

табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258435 (дата обращения: 24.04.2026). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7882-1444-3. – Текст : электронный.

2 Мищенко, С. В. Физические основы технических измерений : учебное пособие / С. В. Мищенко, Д. М. Мордасов, М. М. Мордасов ; Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2012. – 176 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277906 (дата обращения: 24.04.2026). – Библиогр.: с. 171 - 172. – Текст : электронный.

3 Земляков, В. В. Физические основы получения информации : учебное пособие : [16+] / В. В. Земляков, А. Е. Панич ; Южный федеральный университет. – 2-е изд., перераб., доп. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2019. – 125 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=577947 (дата обращения: 24.04.2026). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-3169-1. – Текст: электронный.

5.2 Дополнительная литература

1 Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация [Текст]: учебник и практикум для академического бакалавриата: для студентов высших учебных заведений, обучающихся по техническим направлениям и специальностям / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря.- 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2015. – 839 с.: ил., табл. – (Бакалавр. Академический курс). – Терминол. слов.: с. 779-793. - Прил.: с. 794-831. - Библиогр.: с. 832-838. - ISBN 978-5-9916-4632-1. - ISBN 978-5-9692-1571-9.

2 Петрова, Е. В. Физические основы измерений: учебное пособие: [16+] / Е. В. Петрова, А. Ф. Дресвянников, Е. А. Ермолаева ; Казанский государственный технологический университет. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2008. – 305 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258871 (дата обращения: 24.04.2026). – ISBN 978-5-7882-0562-5. – Текст : электронный.

3 Попов, Г. В. Физические основы измерений: лабораторный практикум: [16+] / Г. В. Попов, Ю. П. Земсков, Ю. Б. Квашин. – Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2011. – 176 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=141928 (дата обращения: 24.04.2026). – ISBN 978-5-89448-818-9. – Текст : электронный.

5.3 Периодические издания

– Стандарты и качество : журнал // Стандарты и качество+Business excellence/ Деловое соглашение. – М : РИА «Стандарты и качество» (доступные выпуски по каталогу библиотеки ОГУ);

– Метрология : журнал. – М. : Стандартинформ, (доступные выпуски по каталогу библиотеки ОГУ);

– Измерительная техника : журнал. – М. : Агентство «Роспечать», (доступные выпуски по каталогу библиотеки ОГУ);

– Законодательная и прикладная метрология : журнал. – М. : Агентство «Роспечать», (доступные выпуски по каталогу библиотеки ОГУ).

5.4 Интернет-ресурсы

В процессе обучения предусмотрено систематическое обращение к ресурсам:

– https://openedu.ru/course/mephi/mephi_omsod/?session=spring_2025 – «Открытое образование», МООК: «Основы метрологии и статистической обработки данных».

– электронно-библиотечная система «Издательство «Лань» (https://e.lanbook.com/);

– электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» (https://biblioclub.ru/index.php?page=book_blocks&view=main_ubhttps://biblioclub.ru/index.php?page=book_blocks&view=main_ub);

– научная библиотека Оренбургского государственного университета (https://lib.osu.ru/);

– электронно-библиотечная система (ЭБС) (Университетская библиотека онлайн https://biblioclub.ru);

– сайт научной библиотеки ОГУ (http://artlib.osu.ru);
– Сайт Федерального агентства по техническому регулированию (http://www.gost.ru);
– АНО «Межрегиональный Центр Качества» (http://stroyinf.ru/);
– Журнал «Контрольно-измерительные приборы и системы» (http://www.kipis.ru/);
– https://eivis.ru/basic/details – Универсальных баз данных "ИВИС".

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Операционная система РЕД ОС.
2. Пакет офисных приложений «МойОфис Образование»
3. Для работы с ресурсами Интернет - веб-браузер Яндекс https://yandex.ru/.
4. ГАРАНТ Платформа F1 [Электронный ресурс]: справочно-правовая система. / Разработчик ООО НПП «ГАРАНТ-Сервис», 119992, Москва, Воробьевы горы, МГУ, [1990–2026]. – Режим доступа в сети ОГУ http://garant.net.osu.ru.
5. Автоматизированная интерактивная система сетевого тестирования - АИССТ (зарегистрирована в РОСПАТЕНТ, Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2011610456, правообладатель – Оренбургский государственный университет), режим доступа - http://aist.osu.ru.
6. Курс в Moodle, содержащий материалы для проработки отдельных тем, выполнения заданий, обмена информацией с преподавателем: Третьяк, Л. Н. Физические основы измерений и эталоны [Электронный ресурс] : электронный учебный курс в системе Moodle / Л. Н. Третьяк, А. В. Куприянов, И. В. Колчина; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". – Электрон. дан. – Оренбург : ОГУ.– Режим доступа: https://ufer.osu.ru/index.php?option=com_uferdbsearch&view=uferdbsearch&action=details&ufer_id=2684.
7. Третьяк, Л. Н. Физические основы измерений и эталоны. Часть 1 [Электронный ресурс] : электронный курс лекций / Л. Н. Третьяк; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ОГУ, 2020. - 4 с- Загл. с тит. экрана. – Режим доступа: https://ufer.osu.ru/index.php?option=com_uferdbsearch&view=uferdbsearch&action=details&ufer_id=2207.
8. Третьяк, Л. Н. Физические основы измерений и эталоны. Часть 2 [Электронный ресурс] : электронный курс лекций / Л. Н. Третьяк; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ОГУ, 2021. - 3 с- Загл. с тит. экрана. – Режим доступа: https://ufer.osu.ru/index.php?option=com_uferdbsearch&view=uferdbsearch&action=details&ufer_id=2872.

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, доска, экран).

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключённой к сети «Интернет», обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.