



## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цели освоения дисциплины (модуля):

Формирование у обучающихся способности грамотного построения алгоритма выполнения поставленной учебной, лабораторной или научной экспериментальной задачи. Знакомство и освоение методов физических измерений.

### Задачи:

1) ознакомление студентов с основами метрологии, видами, методами и средствами измерения физических величин (электрических, магнитных и т.п.), способами оценки достоверности полученных экспериментальных результатов.

2) получение студентами практических навыков в планировании и проведения эксперимента, обеспечивающего выбранную точность получения измерительной информации путем анализа методики определения физической величины и характеристик используемого оборудования.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.В.04Б1.В

### Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Оптика

Численные методы и математическое моделирование

Дискретная математика

Электричество и магнетизм

Молекулярная физика

Механика

**Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**

Метрология, стандартизация и сертификация

Экономика и организация прикладных физических исследований

Промышленные технологии и инновации

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>Общая трудоемкость</b>	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
<b>в том числе:</b>	
аудиторные занятия	48
самостоятельная работа	60

## 4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ПК-1.1: Осуществляет постановку задачи на технологические исследования

ПК-2.2: Анализирует информацию для определения уровня научно-технического развития организации, создаваемого объекта

УК-1.5: Рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки

## 5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Виды контроля в семестрах:	
зачеты	4

**6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ**

Язык преподавания: русский.

**7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Код занят.	Наименование разделов и тем	Вид занятия	Семестр / Курс	Часов	Источники	Примечание
	Раздел 1. Метрология – наука об измерениях.					
1.1	Предмет, задачи и средства метрологии. Краткая история развития метрологии. Основные понятия метрологии (измерение, физические свойства и величины).	Лек	4	2	Л1.1 Л1.2Л2.1	
1.2	Виды измерений физических величин (прямые, косвенные, совокупные и совместные измерения физических величин).	Лек	4	2	Л1.9 Л1.10Л2.5	
1.3	Методы измерения физических величин (метод непосредственной оценки, методы сравнения).	Лек	4	2	Л1.5 Л1.7Л2.4	
	Раздел 2. Основные понятия теории погрешностей					
2.1	Классификация погрешностей. Основные понятия. Классификация погрешностей по способу выражения (абсолютная, относительная и приведенная погрешности), по источнику возникновения (инструментальная, методическая и субъективная), по характеру проявления (систематическая, случайная, прогрессирующая, ошибки первого и второго рода)	Лек	4	2	Л1.6 Л1.8Л2.6	
2.2	Математическое представление расчёта погрешностей физической величины	Лаб	4	2	Л1.6 Л1.8Л2.6	
2.3	Правила округления погрешностей и результатов измерений.	Лаб	4	2	Л1.9Л2.4	
	Раздел 3. Оценка погрешности измерения физической величины					

3.1	Систематическая погрешность. Виды систематической погрешности (по причинам возникновения, по характеру измерения). Методы устранения постоянных, переменных и монотонно изменяющихся систематических погрешностей.	Лек	4	2	Л1.3 Л1.7Л2.3	
3.2	Оценка величины случайных погрешностей. Доверительный интервал, доверительная вероятность. Оценка результата измерения. Оценка величины случайных погрешностей. Определение величины случайной погрешности в реальных условиях. Учет систематических и случайных ошибок.	Лаб	4	2		
3.3	Ошибки косвенных измерений (систематические и случайные ошибки).	Лек	4	2		
	Раздел 4. Минимизация погрешности измерения физических величин					
4.1	1. О точности вычислений. 2. Погрешность определения погрешности. 3. Необходимое число измерений.	Лек	4	0	Л1.9	
4.2	Определение погрешности физической величины	Ср	4	4		
	Раздел 5. Методы и средства измерений геометрических размеров и перемещений					
5.1	Методы и средства измерений геометрических размеров и перемещений	Лек	4	2	Л1.4Л2.2	
5.2	Расчет погрешностей методов измерения геометрических размеров и перемещений	Ср	4	2	Л1.6	
	Раздел 6. Методы и средства измерений времени и частоты					
6.1	Методы и средства измерений времени и частоты	Лек	4	2	Л1.2 Л1.7Л2.5	
6.2	Расчет погрешностей методов измерения времени и частоты	Ср	4	2		
	Раздел 7. Методы и средства измерений электрических величин					
7.1	Методы и средства измерений электрических величин	Лек	4	2		

7.2	Электроизмерительные приборы. Классы точности.	Лаб	4	2		
	Раздел 8. Методы и средства измерений температуры (контактные методы)					
8.1	Методы и средства измерений температуры (контактные методы)	Лек	4	2		
8.2	Определение типов термопар. Изготовление Т-типа термопар.	Лаб	4	2		
8.3	Подготовка сообщения о различных вариантах калибровки термоизмерительных преобразователей	Ср	4	4		
	Раздел 9. Методы и средства измерений веса, расходомера					
9.1	Методы и средства измерений веса, расходомера	Лек	4	2		
9.2	Расчет погрешностей методов и средств измерений веса, расходомера	Лаб	4	2		
	Раздел 10. Методы и средства измерений давления					
10.1	Методы и средства измерений давления	Лек	4	2		
10.2	Расчет погрешностей методов и средств измерений давления	Лек	4	2		
10.3	Оформление лабораторной работы, подсчет полученных значений при определении плотности.	Ср	4	2		
	Раздел 11. Методы и средства измерений плотности					
11.1	Методы и средства измерений плотности	Лек	4	2		
11.2	Определение погрешности методов определения плотности	Лек	4	2		
	Раздел 12. Методы и средства измерений температуры бесконтактными методами					
12.1	Методы и средства измерений температуры бесконтактными методами	Лек	4	2		
12.2	Знакомство с работой тепловизора. Вычисление погрешности бесконтактных методов измерения температуры	Лаб	4	2		
	Раздел 13. Основы работы при поверке и калибровке измерительных приборов					

13.1	Определение технических характеристик приборов по маркировкам, проведение калибровки лабораторного оборудования	Лаб	4	2		
	Раздел 14. Подготовка демонстрационных материалов по вопросу исследования материалов					
14.1	Подготовка демонстрационных материалов по вопросу исследования материалов методами оптической микроскопии	Ср	4	6		
14.2	Подготовка демонстрационных материалов по вопросу исследования материалов методами электронной микроскопии	Ср	4	6		
14.3	Подготовка демонстрационных материалов по вопросу исследования материалов методами рентгеноструктурного анализа	Ср	4	6		
14.4	Подготовка демонстрационных материалов по вопросу исследования материалов методами атомно-силовой микроскопии	Ср	4	6		
14.5	Подготовка демонстрационных материалов по вопросу исследования материалов методами профилометрии	Ср	4	6		
14.6	Подготовка доклада и презентации по выбранной теме курса	Ср	4	10		
14.7	Подготовка к модульным контрольным	Ср	4	6		

### Список образовательных технологий

1	Информационные (цифровые) технологии
2	Активное слушание
3	Дискуссионные технологии (форум, симпозиум, дебаты, аквариумная дискуссия, панельная дискуссия, круглый стол, фасилитированная и т.д.)

## 8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

Погрешности измерений

- Действительным значением величины является значение, которое...

1. воспроизводит или хранит единицу величины;
2. имеет нормированные метрологические характеристики;
3. имеет измеряемая величина;
4. близко к истинному.

- По способу выражения погрешности средств измерений могут быть...

1. случайные;
2. систематические;
3. приведенные;
4. грубые

Основы метрологии

- Раздел метрологии, занимающийся решением законодательных задач, называется...

1. прикладной;
2. законодательной;
3. теоретической;
4. расчетной.

- Укажите цель метрологии:

1. обеспечение единства измерений с необходимой и требуемой, точностью;
2. разработка и совершенствование средств и методов измерений повышения их

точности;

3. разработка новой и совершенствование, действующей правовой и нормативной базы;

4. совершенствование эталонов единиц измерения для повышения их точности.

- Средства измерений и обработка результатов измерений

По назначению средства измерений подразделяют на...

1. эталон;
2. рабочее;
3. мера;
4. образцовое.

- Технические характеристики, описывающие свойства средств измерений и оказывающие влияние на результаты и на погрешности измерений, называется...

1. метрологическими характеристиками;
2. метрологическими нормами;
3. динамическими характеристиками;
4. нормативно-техническими требованиями.

Возможные темы рефератов по курсу «Методы физических измерений»

1. Измерение физических величин. Понятие и общие представления.
2. Измерение физических величин. Основные типы погрешностей и их расчет.
3. Методы прямых и косвенных измерений. Случайные погрешности косвенных

измерений.

4. Прямые и косвенные измерения. Систематические погрешности.
5. Погрешности косвенных измерений.
6. Ошибки прямых измерений.
7. Ошибки косвенных измерений. Закон сложения ошибок.
8. Разновидности погрешностей.
9. Преобразователи физических величин. Общие представления.
10. Гальваноманометрические преобразователи.
11. Магниторезистивные преобразователи, общая классификация.
12. Магниторезисторы, свойства, виды и способы построения.
13. Преобразователи Холла.
14. Применение преобразователей Холла.
15. Индукционные преобразователи.
16. Применение индукционных преобразователей.
17. Сравнительный анализ преобразователей Холла и магниторезисторов.
18. Магнитодиодный эффект. Магниторезисторы.
19. Измерительные преобразователи.

20. Электроизмерительные приборы. Класс точности.
21. Измерение электрических величин.
22. Электрические измерения магнитных величин.
23. Исследование гистерезисных характеристик в постоянных магнитных полях.
24. Исследование свойств ферромагнетиков в переменных магнитных полях.
25. Электрические измерения неэлектрических величин.
26. Температура и ее измерение.
27. Измерение температуры бесконтактными методами. Пирометрия.
28. Термоэлектрические преобразователи. Принципы построения, применяемые материалы.
29. Методы измерения температуры.
30. Термопары, виды термопар, области применения и способы использования.

## 8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

Измерение физических величин:

1. Измерение физических величин: определение, задачи, примеры (показать форму записи результата измерения физической величины).
  2. Прямые измерения (определение, форма выражения - математическая запись, аппаратные средства, примеры).
  3. Косвенные измерения (определение, форма выражения – математическая запись, аппаратные средства, примеры).
  4. Дать определения измеренному, истинному и действительному значению физической величины.
  5. Нулевой метод измерения физических величин (определение, примеры). К какой классификационной группе методов измерения принадлежит?
  6. Дифференциальный метод измерения физических величин (определение, примеры). К какой классификационной группе методов измерения принадлежит?
- Ошибки измерения физических величин:
1. Погрешность измерения как совокупность систематической и случайной составляющих (определение, примеры).
  2. Правила округления полученного экспериментального результата (проиллюстрировать на примерах когда абсолютная погрешность выражена целыми числами).
  3. Действительное значение физической величины. Как действительное значение физической величины определяется на практике (привести пример).
  4. Как на практике производится оценка истинного (действительного) значения измеряемой величины (объяснить на примере).
  5. Погрешность измерения физической величины. Определение. Классификация в зависимости от условий возникновения погрешности.
  6. Правила округления погрешностей (проиллюстрировать на примерах когда абсолютная погрешность выражена целыми числами).
- Измерительные приборы:
1. Средства электрических измерений. Меры. Определение. Виды мер. Примеры.
  2. Электроизмерительные приборы. Определение. Классификация по способу отображения измеряемой информации. Примеры.
  3. Электроизмерительные приборы. Определение. Классификация по способу обработки измерительной информации. Примеры.
  4. Электроизмерительные установки. Определение. Виды электроизмерительных установок. Примеры.
  5. Измерительные информационные системы. Определение. Виды измерительных информационных систем. Примеры.
  6. Метрологические характеристики электроизмерительных приборов. Определение. Примеры.
- Преобразователи физических величин (термины и определения):
1. Общая классификация преобразователей физических величин.

2. Основные свойства измерительных преобразователей (определения, примеры).
  3. Гальваномагнитные преобразователи. Общее определение, физические явления, лежащие в основе их действия, принципы построения, общая классификация.
  4. Преобразователи Холла (определение, принцип построения, общее устройство, требования к материалу чувствительной области). Привести примеры.
  5. Магниторезисторы (определение и основные свойства).
  6. Индукционные преобразователи. Общее определение, физические явления, лежащие в основе их действия, принципы построения, общая классификация.
- Электроизмерительные приборы (определения и свойства):
1. Метрологические характеристики электроизмерительных приборов. Определение. Примеры.
  2. Абсолютная погрешность электроизмерительного прибора. Способы выражения – математическая запись, единицы измерения.
  3. Абсолютные погрешности меры, электроизмерительного прибора и измерительного преобразователя. Определения.
  4. Почему абсолютная погрешность электроизмерительного прибора выражается в единицах измерения шкалы прибора и имеет либо положительное, либо отрицательное значение. Обосновать.
  5. Как определяется и где фиксируется величина абсолютной погрешности и поправки электроизмерительных приборов?
  6. Чувствительность электроизмерительного прибора. Определение. Способы выражения – математическая запись. Область применения понятия (рассмотреть аналоговые и цифровые приборы).

### 8.3. Требования к рейтинг-контролю

- Максимальная сумма баллов, которые можно получить за семестр 100.
- полусеместровая и семестровая аттестации 40 баллов (две контрольных работы по 20 баллов);
  - два бонусных задания 20 баллов (по 10 баллов каждый);
  - 20 баллов за работу на занятиях в семестре.
  - 20 баллов за подготовку доклада по теме.
- Все баллы, полученные в течение семестра, суммируются (100 баллов). Задания по лабораторным работам должны быть выполнены полностью.
- В соответствии с Положением о рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов ТвГУ при получении 40 баллов и выше студент может получить зачет по дисциплине.
- Студент, набравший в течение семестра меньше 40 баллов, сдает зачет.

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### 9.1.1. Основная литература

Шифр	Литература
Л1.1	Радкевич, Схиртладзе, Метрология, стандартизация и сертификация в 3 ч. Часть 1. Метрология, Москва: Юрайт, 2024, ISBN: 978-5-534-01917-9, URL: <a href="https://urait.ru/bcode/537614">https://urait.ru/bcode/537614</a>
Л1.10	, Технические измерения и приборы, Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2018, ISBN: , URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/108132">https://e.lanbook.com/book/108132</a>
Л1.2	Сергеев, Терегеря, Метрология, стандартизация и сертификация, Москва: Юрайт, 2024, ISBN: 978-5-534-16051-2, URL: <a href="https://urait.ru/bcode/544887">https://urait.ru/bcode/544887</a>

Л1.3	Сергеев, Метрология: история, современность, перспективы, Москва: Логос, 2011, ISBN: 978-5-98704-554-1, URL: <a href="http://texts.lib.tversu.ru/texts/999995ogl.pdf">http://texts.lib.tversu.ru/texts/999995ogl.pdf</a>
Л1.4	Цыбульский О. А., Теория измерений. Основы проективной теории измерений, Санкт-Петербург: Лань, 2024, ISBN: 978-5-507-48185-9, URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/367244">https://e.lanbook.com/book/367244</a>
Л1.5	Парфеньева И. Е., Вячеславова О. Ф., Адылина А. П., Национальная система аккредитации в Российской Федерации, Москва: Московский Политех, 2023, ISBN: 978-5-2760-2822-4, URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/365915">https://e.lanbook.com/book/365915</a>
Л1.6	Ларионов А. Н., Чернышёв В. В., Ларионова Н. Н., Погрешности измерения физических величин, Воронеж: ВГУ, 2009, ISBN: , URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/358280">https://e.lanbook.com/book/358280</a>
Л1.7	Мустафаев Г. А., Анিকেев А. Ю., А.Мустафаев Г., Ю.Аникеев А., Методы и средства метрологического обеспечения, Владикавказ: Горский ГАУ, 2021, ISBN: , URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/258716">https://e.lanbook.com/book/258716</a>
Л1.8	Шклярова Е. И., Погрешности измерений. Обработка результатов однократных и многократных измерений: учебное пособие по части курса, Москва: РУТ (МИИТ), 2009, ISBN: , URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/188676">https://e.lanbook.com/book/188676</a>
Л1.9	Камчугов Н. В., Метрология, стандартизация и сертификация, Курган: КГСХА им. Т.С.Мальцева, 2014, ISBN: , URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/159262">https://e.lanbook.com/book/159262</a>

### 9.1.2. Дополнительная литература

Шифр	Литература
Л2.1	Сергеев, Метрология, Москва: Юрайт, 2024, ISBN: 978-5-534-16327-8, URL: <a href="https://urait.ru/bcode/536948">https://urait.ru/bcode/536948</a>
Л2.2	Пастушенков, Учебно-методический комплекс по дисциплине "Методы физических измерений", Тверь, 2012, ISBN: , URL: <a href="http://texts.lib.tversu.ru/texts2/04339umk.pdf">http://texts.lib.tversu.ru/texts2/04339umk.pdf</a>
Л2.3	Кабисов Р. Г., Современные проблемы стандартизации, метрологии, Владикавказ: Горский ГАУ, 2021, ISBN: , URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/214859">https://e.lanbook.com/book/214859</a>
Л2.4	Кабисов Р. Г., Введение в технологию эксперимента, Владикавказ: Горский ГАУ, 2021, ISBN: , URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/214856">https://e.lanbook.com/book/214856</a>
Л2.5	Горбунова Т. С., Измерения, испытания и контроль. Методы и средства, Казань: КНИТУ, 2012, ISBN: 978-5-7882-1321-7, URL: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=73260">http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=73260</a>
Л2.6	Сирая Т. Н., Метрология, стандартизация и сертификация. Погрешности измерений, Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2010, ISBN: , URL: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=45297">http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=45297</a>

### 9.3.1 Перечень программного обеспечения

1	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
2	Adobe Acrobat Reader
3	Google Chrome
4	WinDjView
5	OpenOffice
6	Origin 8.1 Sr2

7	Многофункциональный редактор ONLYOFFICE
---	---

### 9.3.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	ЭБС «ZNANIUM.COM»
2	ЭБС «ЮРАИТ»
3	ЭБС «Лань»
4	ЭБС ТвГУ
5	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (подписка на журналы)
6	Репозиторий ТвГУ
7	БД Web of Science
8	БД Scopus
9	Электронная коллекция книг Оксфордского Российского фонда

### 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудит-я	Оборудование
3-38	комплект учебной мебели, печь трубчатая, мониторы, проектор, фотомикроскоп, вакуумные посты, весы лабораторные, коммутатор,
3-40	комплект учебной мебели, вольтмет, экран настенный, контроллер, сканеры для вольтметра, двухфазные Lock-in усилители, компьютеры, установка "Мишень"
3-25	комплект учебной мебели, компьютеры, осциллограф, принтеры, спектрометр, микроскоп, дифрактометр рентгеновский, электронно-оптический комплекс,
3-40а	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, проектор, установка для получения и последующего сжижения азота, контроллер, линейный источник
3-216	комплект учебной мебели, компьютеры, коммутаторы, проектор

### 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ