

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Декан
А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

Метрология оптических измерений

по направлению подготовки

12.03.02 Оптотехника

Направленность (профиль) подготовки :
Оптико-электронные приборы и системы

Форма обучения
Очная

Квалификация
Бакалавр

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
И.В. Самохвалов

Председатель УМК
А.П. Коханенко

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.

ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.

ПК-3 Способность к анализу, расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов оптоэлектроники на схематехническом и элементном уровнях, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 1.1 Умеет применять знания математики в профессиональной деятельности при моделировании и проектировании

ИОПК 1.2 Умеет применять общетехнические знания в профессиональной деятельности

ИОПК 1.3 Умеет применять знания естественных наук в инженерной практике

ИОПК 4.1 Использует современные информационные технологии и программное обеспечение при решении задач профессиональной деятельности

ИОПК 4.2 Соблюдает требования информационной безопасности при использовании современных информационных технологий и программного обеспечения

ИПК 3.1 Разрабатывает функциональные и структурные схемы оптоэлектроники, определяет физические принципы действия устройств в соответствии с техническими требованиями с использованием теоретических методов и программных средств проектирования и конструирования.

ИПК 3.2 Рассчитывает, визуализирует и моделирует действие оптических элементов и систем с использованием специализированного программного обеспечения, обрабатывает и анализирует результаты расчета с использованием специализированного программного обеспечения.

ИПК 3.3 Разрабатывает проектно-конструкторскую и техническую документацию на всех этапах жизненного цикла оптических, оптико-электронных приборов механических блоков, узлов и деталей в соответствии с требованиями технического задания, стандартов качества, надежности, безопасности и технологичности с использованием систем автоматизированного проектирования.

2. Задачи освоения дисциплины

– Изучить основы метрологического обеспечения оптических измерений и основным понятиям в области стандартизации и сертификации продукции, средствам и методам технических измерений.

– Научиться применять требования нормативных документов к основным видам продукции (услуг) и процессов, оформлять техническую документацию в соответствии с действующей нормативной базой, использовать в профессиональной деятельности документацию систем качества.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплина (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, является обязательной для изучения.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Шестой семестр, зачет.

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Теория вероятностей и математическая статистика, Математический анализ, Физика, Основы оптики. Дисциплины, для изучения которых требуются знания, умения и навыки, приобретаемые по завершении изучения данной дисциплины: Оптико-электронные приборы, Оптические измерения, Планирование эксперимента и обработка экспериментальных данных, Приёмники и источники оптического излучения.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

–лекции: 30 ч.

–практические занятия: 30 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Основы метрологии

Краткое содержание темы. Основные положения и определения метрологии. Измерение, средства измерения, измерительная информация. Основные характеристики измерений. Метрологические характеристики средств измерений. Принципы и методы измерений.

Тема 2. Основные положения теории погрешностей.

Краткое содержание темы. Истинное и действительное значение измеряемой физической величины. Виды погрешностей. Точность. Случайные и грубые погрешности. Сходимость результатов при повторных измерениях. Методические, инструментальные, личные погрешности. Неисправленный результат. Среднеквадратическая, средняя арифметическая погрешности результата измерений.

Тема 3. Обработка результатов измерений.

Краткое содержание темы. Доверительная вероятность. Доверительный интервал. Исключение грубых погрешностей. Правила суммирования составляющих погрешности. Правила округления значения погрешности и записи результата измерений. Прямые и косвенные измерения.

Тема 4. Основы метрологического обеспечения измерений. Подготовка, разработка и оформление документации.

Краткое содержание темы. Научная, техническая, правовая и организационная основы метрологического обеспечения измерений. Система государственного надзора и государственных испытаний за средствами измерения. Метрологическая ревизия и экспертиза. Специальные технические, организационные и нормативные средства. Организационные средства обеспечения единообразия средств измерения.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по теоретической части дисциплины проводится путем контроля посещаемости, проведения тестов и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. Текущая аттестация по практическим занятиям включает выполнение заданий по всем темам занятий и представление по ним письменных отчетов.

Самостоятельная работа заключается в выполнении домашних работ по решению задач.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет в шестом семестре проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит теоретический вопрос и две задачи. Продолжительность зачета 1,5 часа.

Первый вопрос в каждом билете сформулирован для проверки сформированности следующих компетенций/индикаторов компетенций: ОПК-4, ИОПК 4.1, ИОПК 4.2.

Первая задача в каждом билете сформулирована для проверки сформированности следующих компетенций/индикаторов компетенций: ОПК-1, ИОПК 1.1, ИОПК 1.2, ИОПК 1.3.

Вторая задача в каждом билете сформулирована для проверки сформированности следующих компетенций/индикаторов компетенций: ПК-3, ИПК 3.1, ИПК 3.2, ИПК 3.3.

Примерный перечень теоретических вопросов

1. Понятие и основные разделы метрологии.
2. Классификация величин.
3. Измерение. Классификация средств измерений.
4. Методы измерения физических величин.
5. Метрологические характеристики.
6. Этапы измерительного эксперимента.
7. Классификация погрешностей.
8. Запись результата измерений.
9. Принципы и цели стандартизации.
10. Виды стандартов.

Примеры задач.

1. При определении показателя стеклянной призмы с помощью прибора Гартля угол преломления составил $\beta = 40^\circ$. Поправка к показаниям прибора $\beta = \pm 1^\circ$. Определить значение погрешности измерения и погрешности средства измерения, если $\beta = 39^\circ$.

2. Погрешность измерения некоторой физической величины распределена по нормальному закону. Определить вероятность того, что случайная погрешность отдельного результата не превысит более чем в 1,5 раза значение среднеквадратической погрешности.

3. При определении расстояния между центрами двух точечных отверстий в фольге на основе анализа интерференционной картины было выполнено пять измерений ширины интерференционной полосы. Получены следующие значения: 10; 9,7; 11; 9,9; 9,5 мм. Результат 11 мм, на первый взгляд, отличается от остальных. Проверить, не является ли он промахом, пользуясь критерием Диксона.

4. Было проведено измерение фокусного расстояния 200 линз из одной партии. Номинальное значение фокусного расстояния – 300 мм. В результате предварительной обработки результатов измерений получены следующие данные: $f_{\max} = 308,97$ мм; $f_{\min} = 287,05$ мм; $\Delta f = -2,84$ мм; $S\Delta f = 5,146$ мм. Получить оценку действительного значения измеряемой величины и определить погрешность этой оценки.

5. Измерения проводятся абсолютным методом измерения трех пробных стекол. Вычислить, каковы абсолютные ошибки каждой из трех поверхностей x_1 , x_2 , x_3 , когда их относительные ошибки в числе N интерференционных колец составляют следующие

величины: а) $N_1 = 2,5$, $N_2 = 2$, $N_3 = 1,8$; б) $N_1 = 1,5$, $N_2 = 1,2$, $N_3 = 1,3$; в) $N_1 = 0,5$, $N_2 = 0,2$, $N_3 = 0,3$.

Компетенция	Индикатор компетенции ¹	Критерии оценивания результатов обучения	
		незачет	зачет
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.	ИОПК 1.1 Умеет применять знания математики в профессиональной деятельности при моделировании и проектировании	Обучающийся не может применять знания математики в профессиональной деятельности	Обучающийся владеет математическим аппаратом и применяет его в профессиональной деятельности при моделировании и проектировании
	ИОПК 1.2 Умеет применять общетехнические знания в профессиональной деятельности	Обучающийся имеет поверхностные знания о возможном применении общетехнических знаний в профессиональной деятельности	Обучающийся уверенно применяет общетехнические знания в профессиональной деятельности
	ИОПК 1.3 Умеет применять знания естественных наук в инженерной практике	Обучающийся имеет поверхностные знания о возможном применении естественных наук в инженерной практике	Обучающийся уверенно применяет знания естественных наук в инженерной практике
ПК-3 Способность к анализу, расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов оптоэлектроники на схемотехническом и	ИПК 3.1 Разрабатывает функциональные и структурные схемы оптоэлектроники, определяет физические принципы действия устройств в соответствии с техническими требованиями с использованием теоретических методов и	Обучающийся не может разрабатывать функциональные и структурные схемы оптоэлектроники, не проявляет способности определять физические принципы действия устройств в соответствии с техническими	Обучающийся демонстрирует уверенные знания и может разрабатывать функциональные и структурные схемы оптоэлектроники, а также определять физические принципы действия устройств в соответствии с техническими требованиями

¹ В случае реализации образовательной программы по ФГОС ВО 3+ графа не заполняется.

элементном уровнях, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования.	программных средств проектирования и конструирования.	требованиями с использованием теоретических методов и программных средств проектирования и конструирования.	с использованием теоретических методов и программных средств проектирования и конструирования.
	ИПК 3.2 Рассчитывает, визуализирует и моделирует действие оптических элементов и систем с использованием специализированного программного обеспечения, обрабатывает и анализирует результаты расчета с использованием специализированного программного обеспечения.	Обучающийся не может рассчитывать, визуализировать и моделировать действие оптических элементов и систем с использованием специализированного программного обеспечения, не может обрабатывать и анализировать результаты расчета с использованием специализированного программного обеспечения.	Обучающийся свободно ориентируется в специализированном программном обеспечении для расчёта, визуализации и моделирования оптических элементов и систем, а также обработки и анализа результатов расчётов, и может его применять.
	ИПК 3.3 Разрабатывает проектно-конструкторскую и техническую документацию на всех этапах жизненного цикла оптических, оптико-электронных приборов механических блоков, узлов и деталей в соответствии с требованиями технического задания, стандартов качества, надежности, безопасности и технологичности с использованием систем автоматизированного проектирования.	Обучающийся смутно представляет процесс разработки проектно-конструкторской и технической документации оптических, оптико-электронных приборов механических блоков, узлов и деталей.	Обучающийся уверенно разрабатывает проектно-конструкторскую и техническую документацию на всех этапах жизненного цикла оптических, оптико-электронных приборов механических блоков, узлов и деталей в соответствии с требованиями технического задания, стандартов качества, надежности, безопасности и технологичности с использованием систем автоматизированного проектирования.
ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.	ИОПК 4.1 Использует современные информационные технологии и программное обеспечение при решении задач профессиональной деятельности	Обучающийся не ориентируется в современных информационных технологиях и программном обеспечении и не может применять его для решения задач профессиональной деятельности	Обучающийся легко ориентируется в современных информационных технологиях и программном обеспечении и уверенно использует их при решении задач профессиональной деятельности
	ИОПК 4.2 Соблюдает требования информационной безопасности при	Обучающийся имеет смутные представления о требованиях информационной	Обучающийся ответственно соблюдает требования информационной безопасности при

	использовании современных информационных технологий и программного обеспечения	безопасности при использовании современных информационных технологий и программного обеспечения	использовании современных информационных технологий и программного обеспечения
--	--	---	--

Текущий контроль по дисциплине также влияет на результаты промежуточной аттестации: своевременное выполнение практических и домашних работ является показателем для автоматического допуска к сдаче зачёта.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» – <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=9373>

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Эрастов В.Е. Метрология, стандартизация и сертификация. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2022. – 196 с. <https://znanium-com.ez.lib.tsu.ru/catalog/document?id=385000#headers>.

2. Кирилловский В.К., Точилина Т.В. Оптические измерения. Часть 1. Введение и общие вопросы. Точность оптических измерений. Учебное пособие. – 2-е изд., стер. – СПб.: Университет ИТМО, 2017. – 49 с.

3. Кирилловский В.К. Современные оптические исследования и измерения. Учебное пособие. - 2-е изд., стер. – СПб.: Изд-во Лань, 2022. – 304 с.

4. Байдакова Н. В., Гребенникова Н. Н., Крюков С. А. Метрология, стандартизация и сертификация. Учебно-терминологический словарь. – М.: Русайнс, 2022. – 227 с.

5. Димов Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация: [учебник для студентов вузов по направлениям подготовки бакалавров и магистров и дипломированных специалистов в области техники и технологии]. - СПб.: Питер, 2013. - 496 с.

6. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология. Часть 1. Общая теория измерений: Учеб. пособие для вузов. - СПб.: Питер, 2010. - 190 с.

7. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология. Часть 2. Обеспечение единства измерений: Учебник для вузов. - СПб.: Питер, 2012. - 238 с.

8. Сергеев А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для бакалавров / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. М.: Юрайт, 2013. – 838 с.

б) дополнительная литература:

1. Бурдун Г.Д., Марков Б.Н. Основы метрологии. - М.: Изд-во стандартов, 1985.

2. Грановский В.А., Сирая Т.Н. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990.

3. Рабинович С.Г. Погрешности измерений. - Л.: Энергия, 1978.

4. Новицкий П.В., Зograf Н.А. Оценка погрешностей результатов измерений. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1985.

5. Румшиский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента: Справочное руководство. - М.: Наука, 1971.

в) ресурсы сети Интернет:

1. Марусина М.Я., Тихановский А.Б., Ткалич В.Л. Метрология, сертификация и стандартизация [Электрон. ресурс]: учебное пособие. – Электрон. дан. – СПбГУ ИТМО,

факультет ТМиТ, кафедра ИТиКТ. – URL: http://de.ifmo.ru/bk_netra/start.php?bn=1, доступ свободный.

2. В.И. Колчков Метрология, стандартизация и сертификация [Электрон. ресурс]: учебное пособие. – Электрон. дан. – Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ), кафедра Стандартизация, метрология и сертификация. – URL: <http://www.micromake.ru/old/msisbook/msisoglav.htm>, доступ свободный.

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standard 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ:
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ:
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– Электронно-библиотечная система Лань: <http://e.lanbook.com>

– Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru>.

– Каталог учебных изданий издательства Университета ИТМО:
<https://books.ifmo.ru/catalog>.

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, практических занятий, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешанном формате («Актру»).

15. Информация о разработчиках

Елизаров Алексей Игоревич, ТГУ, к.т.н., ТГУ, радиофизический факультет, кафедра оптико-электронных систем и дистанционного зондирования, доцент;

Брюханов Илья Дмитриевич, ТГУ, радиофизический факультет, кафедра оптико-электронных систем и дистанционного зондирования, старший преподаватель.