

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

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

Оптические измерения

по направлению подготовки

12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Направленность (профиль) подготовки:

Приборы и устройства нанофотоники

Форма обучения

Очная

Квалификация

Магистр

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

А.П. Коханенко

Председатель УМК

А.П. Коханенко

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-2 Способность к построению математических моделей объектов исследования и выбору численного метода их моделирования, разработке нового или выбору готового алгоритма решения задачи.

ПК-3 Способность к выбору оптимального метода и разработке программ экспериментальных исследований, проведению оптических, фотометрических и электрических измерений с выбором технических средств и обработкой.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК 2.2 Определяет выходные параметры и функции разрабатываемой оптической системы связи, которые должны быть определены в результате моделирования его функционирования на основе физических процессов и явлений

ИПК 3.1 Разрабатывает методики исследований

ИПК 3.2 Обработывает и анализирует результаты исследований

ИПК 3.3 Составляет отчёт о проведённых исследованиях

1.Цели освоения дисциплины

-освоение обучающимися теоретических, практических и метрологических основ оптических измерений

- способностями применять эти знания при решении инновационных научно-исследовательских и инженерно-физических проблем в своей трудовой деятельности.

2. Место дисциплины в структуре магистерской программы

Данная дисциплина относится к курсам по выбору Блока 1 «Дисциплины (модули).

Для освоения дисциплины студент должен быть готов к использованию знаний:

-основных понятий и методов математического анализа, аналитической геометрии и линейной алгебры;

- основ теории вероятности, математической статистики, дискретной математики и теории надежности;

-фундаментальных понятий, законов и теорий классической и современной физики.

Должен владеть:

- методами математического описания физических явлений и процессов, определяющих принципы работы различных устройств.

Уметь:

- применять математические методы, физические законы и вычислительную технику для решения практических задач.

От студента требуются знания курсов дифференциального и интегрального исчисления, элементов теории вероятностей, геометрической и физической оптики, теории оптических приборов, основ метрологии, принципов генерации и приема оптических сигналов, приобретаемые в процессе бакалаврской подготовки. Освоение данной дисциплины необходимо при выполнении бакалаврской работы, магистерской диссертацией или производстве фундаментальных и прикладных научно-исследовательских разработок в области фотоники и оптоинформатики.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Способность к абстрактному мышлению, обобщению, анализу, систематизации и прогнозированию (ОК-1);

способность действовать в нестандартных ситуациях, нести ответственность за принятые решения (ОК-2);

способность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-3).

Способность формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки (ОПК-1);

способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы (ОПК-2);

Готовность обосновать актуальность целей и задач проводимых научных исследований (ПК-1);

способность оценивать научную значимость и перспективы прикладного использования результатов исследования (ПК-3);

способность владеть приемами практического решения задач выбора и оценки эффективности различных архитектурных и структурных решений при компьютерном моделировании (ПК-5);

способность применять современные методики исследования основных физико-химических свойств оптических стекол и кристаллов, методики прогнозирования оптических и физико-химических параметров новых материалов (ПК-7);

способность разрабатывать фотонное устройство на основе элементной базы, выбрать необходимое оборудование и способ контроля параметров устройства (ПК-8);

способность владеть современными методами проектирования объектов в профессиональной сфере (ПК-11);

способность оценивать научную значимость и перспективы прикладного использования результатов исследования в области разработки и оптимизации технологических процессов производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурированных материалов, а также контроля их параметров (ПСК-3);

способность применять современные методики исследования *и прогнозирования* основных оптических и физико-химических свойств оптических стекол и кристаллов на основе наноструктурированных материалов, методики прогнозирования оптических и физико-химических параметров наноструктурированных материалов (ПСК-4);

способность разрабатывать фотонное устройство, использующее элементную базу на основе наноструктурированных материалов, выбрать необходимое оборудование и способ контроля параметров устройства (ПСК-5).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- ***Знать:***

Критерии качества измерений, алгоритмы обработки и записи результатов наблюдений.

Принцип работы, характеристики и параметры оптических элементов, приборов и систем.

Принцип действия и характеристики современных типов фотоприемных устройств.

Методы исследования физико-химических свойств оптических материалов.

- ***Уметь:***

Работать в кооперации с коллегами;

Проводить и оценивать качество измерений;

пользоваться современными средствами измерения и контроля и обосновывать выбор таких средств для решения конкретных задач.

Анализировать условия наблюдения и регистрации оптических эффектов и процессов, анализировать принцип работы и проводить расчеты важнейших характеристик оптических элементов, устройств, приборов.

Проводить измерения и тестирование характеристик основных элементов и устройств фотоники; применять основные типы источников излучения в фотонике.

Выбирать оптимальные режимы работы фотоприемников при решении задач фотоники и оптоинформатики.

- ***Владеть:***

Способностью логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь, создавать тексты профессионального назначения;

Способами применения измерительных приборов.

Технологиями организации, проведения и обработке результатов измерений в соответствии с требованиями стандартов.

Методами постановки задачи и выбора методики проведения эксперимента оптическими методами; приемами работы с важнейшими оптическими элементами, узлами и приборами.

4. Структура и содержание дисциплины

1. Введение. Оптические измерения, как область оптотехники; их значение в процессе создания современной оптической системы. Возможности и точность оптических измерений. Теория и методы оптических измерений. Основы теории измерений. Понятия об измерениях. Средства измерений. Структура оптических измерительных схем. Источники погрешностей оптических измерений.

2. Измерения параметров оптических материалов. Основные оптические материалы и их характеристики. Измерение показателя преломления, дисперсии, неоднородности оптического стекла. Ганиометрические методы. Рефрактометрические методы. Интерференционный метод Обреимова. Измерение показателей преломления кристаллов.

Измерения параметров оптических деталей. Толщины линз, воздушных промежутков, радиусов кривизны, углов призм и клиньев, формы поверхности. Методы контроля плоских, сферических, асферических поверхностей.

3. Измерение характеристик оптических систем. Типовые оптические системы и их характеристики. Измерение фокусных расстояний объективов и линз., Измерение увеличения типовых оптических приборов, апертур. Измерение световых характеристик оптических приборов; измерение коэффициента пропускания; коэффициента рассеяния; определение цветопередачи объективов. Измерения аберраций оптических систем.

4. Интерференционные измерения. Принципы интерферометрии. Типовые схемы интерферометров. Виды интерференционных картин. Расшифровка интерферограмм. Измерения: показателей преломления, длины, параметров тонких пленок.

5. Исследования качества оптического изображения. Критерии качества оптического изображения. Функция рассеяния, Пограничная кривая. Модуляционная передаточная функция. Методы измерения оптической передаточной функции. Измерение разрешающей способности. Измерение остаточных аберраций.

6. Измерение параметров световой волны. Основные параметры. Методы контроля пучков оптического излучения. Амплитудное деление. Рассеяние лазерного пучка как метод контроля за его параметрами. Вынужденная флуоресценция. Ошибки при контроле пучка. Измерение параметров пучка. Спектр мод лазерных резонаторов. Измерение расходимости и поперечного распределения интенсивности света в пучке. Определение числа типов колебаний. Измерение поляризации. Измерение энергии и мощности. Определения и единицы измерения. Калориметрические методы. Фотоэлектрические методы. Фотохимические методы. Механические методы. Методы основанные на нелинейных эффектах. Измерения плотности энергии. Эталоны и калибровка. Ослабители. Измерение параметров усиления. Методы измерения оптического усиления. Измерение длины волны. Уширение линии и источники света. Аппаратура для измерения оптических длин волн. Эталоны длин волн. Измерение ширины спектральной линии и временной когерентности. Призменные спектральные приборы. Дифракционные спектральные приборы. Интерферометрические методы измерения ширины линии. Измерение ширины линии люминесценции и методы фотометрии. Измерение формы и длительности импульсов, поляризации, когерентности, спектрального состава излучения.

7. Оптические измерения неоптических параметров. Перемещений, деформаций, скорости, параметров механических колебаний и вибраций.

№ п/п	Раздел дисциплины	С е м е с т р	Н е д е л я с е м е с т р а	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				ле кц ии	Ла б. ра бо ты	се ми на ры	Са мо ст. ра бо та	
1	Введение	1	1	1	-	-	-	
2	Измерения параметров оптических материалов.	1	1	2	-	2	6	Устный опрос
3	Измерение характеристик оптических систем	1	2	2	-	2	8	Коллоквиум по темам рефератов
4	Интерференционные измерения	1	4	2	4	2	4	Отчеты по лабораторным работам
5	Исследования качества оптического изображения	1	6	2	-	2	4	Устный опрос
6	Измерение параметров световой волны	1	7	1	8	2	10	Отчеты по лабораторным работам
7	Оптические измерения неоптических параметров	1	8	2	-	2	8	Устный опрос
8	Итоговый контроль по дисциплине	1	9	-	-		36	экзамен
ИТОГО				12	12	12	72	

5. Образовательные технологии

При реализации дисциплины используются проблемные лекции. При проведении семинаров предусматривается участие ведущих специалистов СО РАН работающих в области создания оптических квантовых генераторов.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Видами самостоятельной работы обучающегося по данной дисциплине являются:

- подготовка ответов на контрольные вопросы;
- подготовка докладов на семинарах;
- подготовка к выполнению лабораторных работ.
- подготовка рефератов.
- подготовка к коллоквиуму.
- подготовка к экзамену.

Темы семинаров

- 1.Измерения параметров оптических материалов.
- 2.Измерение характеристик оптических систем
- 3.Интерференционные измерения
- 4.Исследования качества оптического изображения
- 5.Измерение параметров световой волны
- 6.Оптические измерения неоптических параметров

Темы лабораторных работ.

1. Измерение расходимости лазерного излучения.
2. Измерение спектральной ширины линии лазерного излучения.
3. Измерение временных характеристик импульсного лазера .
4. Измерение энергии и мощности лазерного излучения .
5. Измерение длины волны излучения лазера.
6. Измерение поляризационных характеристик излучения и оптических элементов.

Темы рефератов.

- 1.Измерение показателя преломления, дисперсии, неоднородности оптического стекла.
- 2.Гониометрические методы.
3. Рефрактометрические методы.
- 4.Измерение показателей преломления кристаллов
- 5.Измерения параметров оптических деталей
- 6.Измерение световых характеристик оптических приборов; измерение коэффициента пропускания.
7. Коэффициента рассеяния.
8. Определение цветопередачи объективов.
- 9.Измерения аберраций оптических систем.
- 10.Измерения: показателей преломления.
- 11.Определение параметров тонких пленок.
- 12.Методы измерения оптической передаточной функции.
- 13.Измерение разрешающей способности.
- 14.Измерение остаточных аберраций.

Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы.

- 1.Каковы основные лазерные параметры?
- 2.Дайте понятие точности.
- 3.Перечислите типы ошибок.
- 4.Что такое вероятная ошибка?
- 5.Как осуществляется амплитудное деление оптического излучения?
- 6.Как осуществляется контролирование световых пучков с помощью флуоресценции?
- 7.Какие существуют ошибки при контроле пучка?
- 8.Как осуществляется измерение расходимости пучка излучения?
- 9.Какие существуют методы определения числа типов колебаний?
- 10.Какие существуют методы измерения поляризации?
- 11.Как измерить поперечный размер пучка?
- 12.Перечислите основные определения и единицы измерения энергии и мощности.

13. В чем состоит принцип калориметрического метода измерений мощности и энергии излучения?
14. В чем состоит принцип фотоэлектрического метода измерений мощности и энергии излучения?
15. Как измеряют плотность энергии?
16. Каковы основные принципы ослабления оптического излучения?
17. Перечислите основные методы измерения оптического усиления.
18. Как определить дифракционные потери лазера?
19. Каковы основные причины уширения линий излучения?
20. Какая аппаратура производится для измерения оптических длин волн?
21. Какова связь между шириной полосы, временем когерентности и длиной когерентности?
22. Как с помощью интерферометрического метода измерить ширину линии излучения?
23. Что такое функция рассеяния?
24. Назовите типовые оптические системы и их характеристики.
25. Перечислите и дайте характеристику методам контроля плоских, сферических, асферических поверхностей.

Примерный перечень вопросов к экзамену.

1. Теория и методы оптических измерений.
2. Методы контроля пучков оптического излучения.
3. Структура оптических измерительных схем. Источники погрешностей оптических измерений.
4. Рассеяние лазерного пучка, как метод контроля за его параметрами.
5. Основы теории измерений. Понятия об измерениях.
6. Измерение параметров пучка.
7. Основные оптические материалы и их характеристики.
8. Спектр мод лазерных резонаторов.
9. Измерение световых характеристик оптических приборов; измерение коэффициента пропускания. коэффициента рассеяния; определение цветопередачи объективов
10. Измерение расходимости и поперечного распределения интенсивности света в пучке.
11. Определение числа типов колебаний.
12. Измерение формы и длительности импульсов, поляризации, когерентности, спектрального состава излучения
13. Измерение показателя преломления, дисперсии, неоднородности оптического стекла.
14. Измерение поляризации
15. Измерения параметров оптических материалов: Гониометрические методы. Рефрактометрические методы. Интерференционный метод Обреимова.
16. Измерение энергии и мощности
17. Измерение показателей преломления кристаллов.
18. Калориметрические методы измерения характеристик световой волны
19. Измерения параметров оптических деталей: толщины линз, воздушных промежутков, радиусов кривизны, углов призм и клиньев, формы поверхности.
20. Фотоэлектрические методы измерения характеристик световой волны.
21. Методы контроля плоских, сферических, асферических поверхностей.
22. Методы измерения оптического усиления
23. Типовые оптические системы и их характеристики. Измерение фокусных расстояний объективов и линз. Измерение увеличения типовых оптических приборов, апертур.
24. Измерение длины волны.

25. Измерение световых характеристик оптических приборов; измерение коэффициента пропускания; коэффициента рассеяния; определение цветопередачи объективов. Измерения аберраций оптических систем.
26. Уширение линии и источники света
27. Интерференционные измерения: принципы интерферометрии; типовые схемы интерферометров; виды интерференционных картин.
28. Измерение формы и длительности импульсов, поляризации, когерентности, спектрального состава излучения.
29. Измерения: показателей преломления, параметров тонких пленок.
30. Измерение ширины спектральной линии и временной когерентности

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

1. **Тарасов Л.В.** Физические основы квантовой электроники: Оптический диапазон. Изд. стереотип. 2014. 368 с.
2. **Долгих Г.И., Привалов В.Е.** Лазеры. Лазерные системы. 2009. 202 с. 3. **Тарасов Л.В.** Физика лазера. – М.: ЛИБРОКОМ, 2011. – 456 с.;
3. **Киселёв Г.Л.** Квантовая и оптическая электроника: Учебное пособие. – СПб.: Лань, 2011. – 320 с.
4. **Мартинес-Дуарт Дж.М., Мартин-Палма Р.Дж., Агулло-Рюда Ф.** Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники. – М.: Техносфера, 2009. – 368 с.

б) Дополнительная литература:

1. **Креопалова Г.В., Лазарева Н.Л., Пуряев Д.Т.** Оптические измерения. - М.: Машиностроение, 1989. 237 с.
2. **Эпштейн М.И.** Измерения оптического излучения в электронике. - М.: Энергоатомиздат, 1990. 305 с.
3. **Гусев В.Г., Пойзнер Б.Н.** Лабораторный практикум по физике лазеров. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та, 1992. 239 с.
2. **Пойзнер Б.Н.** Физические основы лазерной техники: Уч. пособие. – Томск: Томский государственный университет, 2006. – 210 с.

в) Интернет-ресурсы: 1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru/>; 2. Электронная библиотека ТГУ: <http://www.lib.tsu.ru/ru>; 3. Электронный ресурс SPIE Digital Library: <http://www.spiedigitallibrary.org>; 4. Электронный ресурс Optics Infobase: <http://www.opticsinfobase.org/>; 5. Электронный ресурс SpringerLink: <http://link.springer.com/>.