МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
оптики и спектроскопии

_____ (Овчинников О.В.)

05.06.2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ФТД.02 Теория оптических измерений

1. **Код и наименование направления подготовки:** *03.04.02 Физика*
2. **Профиль подготовки:** *Оптика и нанофотоника*
3. **Квалификация выпускника:** *магистр*
4. **Форма обучения:** *очная*
5. **Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** *кафедра оптики и спектроскопии*
6. **Составители программы:** *Кондратенко Тамара Сергеевна, кандидат физико-математических наук, доцент*
7. **Рекомендована:** *НМС физического факультета ВГУ, протокол №6 от 04.06.2025*

8. **Учебный год:** *2026/2027* **Семестр(-ы):** 3

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются: формирование профессиональной компетенции у магистрантов физического факультета, обучающихся по программе “Перспективные материалы и устройства фотоники”, в области теории оптических измерений.

Задачи учебной дисциплины:

- изучить методы измерения параметров оптических материалов и характеристик оптических систем;
- сформировать знания об интерференционных измерениях, измерениях параметров световой волны, оптических измерениях неоптических параметров;
- уметь исследовать качество оптического изображения.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: часть, формируемая участниками образовательных отношений, дисциплины факультатива.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-2	Способен создавать базы данных о физических свойствах и технологических особенностях наноструктурных материалов, проводить экспериментальную проверку выбранных технологических решений производства оптических и акустооптичеких приборов, исследовать параметры наноструктурных материалов в соответствии с самостоятельно выбранной и утвержденной методикой	ПК-2.2.	Умеет разрабатывать технические задания на экспериментальную проверку технологических процессов и испытания выбранных наноструктурных материалов в рамках разработанной концепции и утвержденных экспериментальных методик	**Знать:** понятие о методах и принципах измерения параметров и характеристик оптических систем и элементов, принципы синтеза современных методов и средств оптических измерений в соответствии с поставленными научными и практическими задачами; **Уметь:** производить подбор оптического оборудования для достижения профессиональных целей; **Владеть:** навыками работы на аппаратуре оптических измерений, выполнения измерений, обработки данных измерительных наблюдений, получения результатов измерений и оценки погрешностей.
ПК-4	Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием, приборами и установками в предметной области квантовой электроники и фотоники	ПК-4.1.	Проводит научные исследования в области оптики, нанофотоники, оптических материалов и технологий, используя специализированное исследовательское оборудование, приборы и установки	**Знать:** современный подход, математический аппарат, алгоритмы и программы для высокоточного измерения параметров и количественных характеристик оптических систем и элементов, обработки данных при измерительных наблюдениях и исследованиях, интерпретации полученных результатов **Уметь:** анализировать функциональные и принципиальные схемы оптических контрольно-измерительных устройств и обосновывать требования к их оптическим и метрологическим

				характеристикам **Владеть:** пониманием методов и принципов измерения параметров и характеристик оптических систем и элементов

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах — 2 / 72 .

Форма промежуточной аттестации: *зачет*

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			3
Аудиторные занятия		30	30
в том числе:	лекции	30	30
	практические	-	-
	лабораторные	-	-
Самостоятельная работа		42	42
в том числе: курсовая работа (проект)			-
Форма промежуточной аттестации			*зачет*
Итого:		72	72

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1.	Основы оптических измерений	*Погрешности измерений; Свойства случайных погрешностей измерения; Погрешности функций измеренных величин; Средства измерений; Оптические приборы и приспособления*
2.	Измерение характеристик оптических материалов	*Основные оптические материалы и их характеристики; Измерение показателей преломления и дисперсии оптического стекла; Гониометрические методы; Рефрактометрические методы; Интерференционный метод Обреимова; Измерение показателей преломления кристаллов; Измерение оптической однородности; Измерение двойного лучепреломления; Определение бессвильности и пузырности*
3.	Методы и приборы для измерения линейных и угловых величин оптических деталей	*Измерение длины оптических деталей; Измерение длин плоскопараллельных концевых мер; Измерение толщин линз и воздушных промежутков; Измерение толщин тонких пленок; Измерение радиусов кривизны сферических поверхностей; Измерение децентрировки и контроль центрировки линз и линзовых систем; Контроль плоскостей оптических деталей; Измерение углов призм и клиньев; Определение коэффициентов светопоглощения и отражения*
4.	Измерение и контроль формы оптических поверхностей	*Виды оптических поверхностей и их роль в формировании оптического изображения; Контроль формы плоских поверхностей. Пробное стекло. Интерферометр Физо; Контроль формы сферических поверхностей. Пробное стекло. Интерферометры для бесконтактного контроля сферических поверхностей диаметром до 250 мм. Интерферометр ИТ-172. Светосильный лазерный интерферометр. Базовый интерферометр ИКАП-2. Интерферометры с рассеивающей пластиной.*

		Интерферометры сдвига. Голографические интерферометры. Теневые приборы; Краткая характеристика асферических поверхностей. Контактные методы контроля формы асферических поверхностей. бесконтактные методы контроля формы асферических поверхностей. Метод анаберрационных точек для контроля формы отражающих асферических поверхностей второго порядка. Компенсационный метод контроля асферических поверхностей; Интерференционный контроль астрономических зеркал. Метод Гартмана
5.	Контроль основных характеристик оптических систем	*Измерение фокусных расстояний. Измерение диаметров входного и выходного зрачков оптических систем; Измерение числовой апертуры микроскопа; Измерение увеличения оптических систем; Измерение поля зрения оптических систем; Измерение виньетирования фотографического объектива; Измерение распределения освещенности в плоскости изображения; Измерение коэффициента светопропускания оптических систем; Измерение коэффициента светорассеяния оптических систем.*
6.	Измерение аберраций оптических систем	*Измерения геометрических аберраций. Метод визуальных фокусировок; Измерение волновых аберраций; Измерение дисторсии объективов; Измерение аберраций прожекторных зеркал (отражателей); Оценка качества изображения оптической системы; Оптическая передаточная функция и ее измерение.*

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1.	Основы оптических измерений	*4*			*6*	*10*
2.	Измерение характеристик оптических материалов	*4*			*8*	*12*
3.	Методы и приборы для измерения линейных и угловых величин оптических деталей	*4*			*6*	*10*
4.	Измерение и контроль формы оптических поверхностей	*8*			*8*	*16*
5.	Контроль основных характеристик оптических систем	*6*			*8*	*14*
6.	Измерение аберраций оптических систем	*4*			*6*	*10*
	Итого:	*30*			*42*	*72*

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основными этапами освоения дисциплины являются:

- *Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации.*

В ходе подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации студенту рекомендуется активно использовать электронный образовательный портал Moodle – электронная среда дисциплины, с предоставлением презентаций лекций, дополнительного теоретического материала и нормативно-правовых документов по темам и перечней вопросов для подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации. Также студенту

рекомендуется использовать весь набор методов и средств современных информационных технологий для изучения отечественной и зарубежной литературы по дисциплине, оценки и анализа ее текущего состояния и перспектив развития. Ему предоставляется возможность работать в компьютерных классах факультета (313а аудитория), иметь доступ к Интернет-ресурсам и электронной почте, использовать имеющиеся на кафедре оптики и спектроскопии физического факультета информационные технологии, использовать ресурсы Зональной научной библиотеки ВГУ, в том числе электронно-библиотечные системы.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

(список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	*Кирилловский, К. К. Оптические измерения : учебное пособие : [16+] / К. К. Кирилловский, Т. В. Точилина ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Университет ИТМО. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2019. – Часть 5. Аберрации и качество изображения. – 94 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=564006 – Библиогр.: с. 90. – Текст : электронный.*
2.	*Шибаев, С. С. Методы и средства акустооптических измерений : учебное пособие / С. С. Шибаев, А. В. Помазанов, Д. П. Волик ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Южный федеральный университет, Инженерно-технологическая академия. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2018. – 113 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=500061 – Библиогр.: с. 106-109. – ISBN 978-5-9275-2727-4. – Текст : электронный.*

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3.	*Оптические измерения : учебное пособие / А. Н. Андреев, Е. В. Гаврилов, Г. Г. Ишанин [и др.]. — Москва : Логос, 2020. — 416 с. — ISBN 978-5-98704-173-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/162959 (дата обращения: 09.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.*
4.	*Кирилловский, В. К. Современные оптические исследования и измерения : учебное пособие / В. К. Кирилловский. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-0989-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/167816 — Режим доступа: для авториз. пользователей.*
5.	*Кирилловский, В. К. Оптические измерения : учебное пособие / В. К. Кирилловский, Т. В. Точилина. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2017 — Часть 4 : Оценка качества оптического изображения и измерение его характеристик — 2017. — 86 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/110448 — Режим доступа: для авториз. пользователей.*

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)***:**

№ п/п	Ресурс
6.	*ЭБС «Университетская библиотека Online» – https://biblioclub.ru/*
7.	*ЭБС «Электронная библиотека технического ВУЗа» («ЭБС «Консультант студента») – http://www.studentlibrary.ru/*
8.	*ЭБС Лань – https://e.lanbook.com/*
9.	*ЭБС «ПЛАТФОРМА ЮРАЙТ» – https://urait.ru/*
10.	*Зональная научная библиотека ВГУ – http://www.lib.vsu.ru*

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

(учебно-методические рекомендации, пособия, задачники, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

№ п/п	Источник
1.	*Кирилловский В.К. Точилина Т.В. Оптические измерения. Сборник вопросов и задач. Часть 2. Оценка качества оптического изображения. Учебно-методическое пособие к лабораторному практикуму по дисциплине «Оптические измерения». –СПб: НИУ ИТМО, 2011. – 158 с.*
2.	*Кирилловский В.К. Точилина Т.В. Оптические измерения. Сборник задач. Часть 1. Измерение геометрических параметров. Учебно-методическое пособие к лабораторному практикуму по дисциплине «Оптические измерения». – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 107 с.*
3.	*Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы обучающимися в магистратуре по направлению "Физика" [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие :*

	[для студ. направления 03.03.02 Физика] / Сост.: Л.Ю. Леонова, И.Г. Гревцева ; Воронеж. гос. ун-т .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2021.

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекционные занятия. Преобладающими методами и приемам обучения являются: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ – демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Организационная структура лекционного занятия: 1. Формулировка темы, целей занятия, постановка проблемного вопроса. 2. Разъяснение вопросов теоретического и практического плана для решения поставленной проблемы. 3. Рассмотрение путей решения проблемного вопроса на конкретных примерах. 4. Заключение, формулировка выводов. 5. Формулировка задания для самостоятельной домашней работы. Озвучивание темы следующего занятия.

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (https://edu.vsu.ru) и/или "МООК ВГУ" (https://mooc.vsu.ru), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лекционная аудитория: Проектор BenQ MS 612ST, Ноутбук Asus, с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ.

*Аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, оборудованная: компьютером, мультимедийным проекторомBenQ MS612ST, экраном, учебной литературой, доской магнитно-маркерной 100*200.*

Аудитория для самостоятельной работы: 15 комп. III поколения, объединенных в сеть с выходом в Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ.

Перечень необходимого программного обеспечения:

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ" (https://edu.vsu.ru).

---

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС (средства оценивания)

ПК-3 Способен выбирать научно-исследовательское и технологическое оборудование с учетом особенностей нанотехнологических процессов создания материалов и устройств нанофотоники	**Знать:** понятие о методах и принципах измерения параметров и характеристик оптических систем и элементов, принципы синтеза современных методов и средств оптических измерений в соответствии с поставленными научными и практическими задачами; **Уметь:** производить подбор оптического оборудования для достижения профессиональных целей; **Владеть:** навыками работы на аппаратуре оптических измерений, выполнения измерений, обработки данных измерительных наблюдений, получения результатов измерений и оценки погрешностей.	Разделы 1-6	Устный опрос
Промежуточная аттестация (*зачёт*)			КИМ

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания и критерии их оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: устного опроса (индивидуальный опрос). Критерии оценивания приведены ниже. Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования. Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практическое задание, позволяющее оценить степень сформированности умений и навыков. При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены в п. 20.2.

Для оценивания результатов обучения на экзамене учитываются следующие показатели:

1) знание учебного материала, владение понятийным аппаратом и теоретическими основами волновых явлений;

2) умение связывать теорию с практикой;

3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными современных научных исследований в оптике;

4) умение применять основные законы и анализировать результаты наблюдений и экспериментов

5) владение понятийным аппаратом и умение применять теоретические знания для решения практических задач .

20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

1. Посещаемость лекционных занятий. Проверка преподавателем конспектов по пройденному материалу.

2. Выполнение практических заданий (устный опрос).

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования. Промежуточная

аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств - контрольно-измерительных материалов в форме билетов, содержащих по два вопроса к зачету из следующего перечня:

1. Погрешности измерений; Свойства случайных погрешностей измерения; Погрешности функций измеренных величин; Средства измерений;
2. Оптические приборы и приспособления
3. Основные оптические материалы и их характеристики;
4. Измерение показателей преломления и дисперсии оптического стекла; Гониометрические методы; Рефрактометрические методы; Интерференционный метод Обреимова;
5. Измерение показателей преломления кристаллов; Измерение оптической однородности;
6. Измерение двойного лучепреломления; Определение бессвильности и пузырности;
7. Измерение длины оптических деталей; Измерение длин плоскопараллельных концевых мер;
8. Измерение толщин линз и воздушных промежутков; Измерение толщин тонких пленок;
9. Измерение радиусов кривизны сферических поверхностей; Измерение децентрировки и контроль центрировки линз и линзовых систем;
10. Контроль плоскостей оптических деталей; Измерение углов призм и клиньев;
11. Определение коэффициентов светопоглощения и отражения.
12. Виды оптических поверхностей и их роль в формировании оптического изображения;
13. Контроль формы плоских поверхностей. Пробное стекло. Интерферометр Физо;
14. Контроль формы сферических поверхностей. Пробное стекло. Интерферометры для бесконтактного контроля сферических поверхностей диаметром до 250 мм.
15. Интерферометр ИТ-172. Светосильный лазерный интерферометр. Базовый интерферометр ИКАП-2.
16. Интерферометры с рассеивающей пластиной. Интерферометры сдвига. Голографические интерферометры. Теневые приборы;
17. Краткая характеристика асферических поверхностей.
18. Контактные методы контроля формы асферических поверхностей. Бесконтактные методы контроля формы асферических поверхностей.
19. Метод анаберрационных точек для контроля формы отражающих асферических поверхностей второго порядка.
20. Компенсационный метод контроля асферических поверхностей;
21. Интерференционный контроль астрономических зеркал. Метод Гартмана.
22. Измерение фокусных расстояний.
23. Измерение диаметров входного и выходного зрачков оптических систем; Измерение числовой апертуры микроскопа;
24. Измерение увеличения оптических систем; Измерение поля зрения оптических систем;
25. Измерение виньетирования фотографического объектива; Измерение распределения освещенности в плоскости изображения;
26. Измерение коэффициента светопропускания оптических систем; Измерение коэффициента светорассеяния оптических систем.
27. Измерения геометрических аберраций. Метод визуальных фокусировок;
28. Измерение волновых аберраций; Измерение дисторсии объективов; Измерение аберраций прожекторных зеркал (отражателей);
29. Оценка качества изображения оптической системы; Оптическая передаточная функция и ее измерение.

Зачет проводится в письменной форме. Каждый билет включает два теоретических вопроса. Обучающийся готовит ответы на вопросы КИМа и отвечает преподавателю.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Оценка уровня освоения дисциплины осуществляется по следующим показателям:

- предварительная оценка качества работы на лекционных и практических занятиях;

- полнота ответов на вопросы экзаменационного билета.

Если студент не осваивает дисциплину в установленном программой объеме и в сроки, определенные графиком учебного процесса, он не допускается к промежуточной аттестации по данному виду учебной работы.

Критерии оценки работы обучающихся, которые соотносятся с уровнями сформированности компетенций:

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Посещение лабораторных занятий. Полный ответ на вопрос контрольно-измерительного материала во время зачета. Ответы на дополнительные вопросы.	*Повышенный базовый и пороговый уровни*	*зачтено*
Систематические пропуски лабораторных занятий без уважительной причины. Неумение давать ответы на вопросы	*-*	*не зачтено*

Контрольно-измерительный материал

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой оптики и спектроскопии

_____ Овчинников О.В.
подпись, расшифровка подписи

__.__.20__

Направление подготовки / специальность *03.04.02 – Оптика и нанофотоника*
Дисциплина ФТД.02 Теория оптических измерений
Форма обучения очная
Вид контроля зачёт
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал №1

1. Оптические приборы и приспособления.
2. Контроль плоскостей оптических деталей; Измерение углов призм и клиньев.

Преподаватель _____ Кондратенко Т.С.
подпись *расшифровка подписи*

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой оптики и спектроскопии

_____ Овчинников О.В.
подпись, расшифровка подписи

__.__.20__

Направление подготовки / специальность *03.04.02 – Оптика и нанофотоника*
Дисциплина ФТД.02 Теория оптических измерений
Форма обучения очная
Вид контроля зачёт
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал №2

1. Интерферометры с рассеивающей пластиной. Интерферометры сдвига.
2. Оценка качества изображения оптической системы.

Преподаватель _____ Кондратенко Т.С.
подпись *расшифровка подписи*