МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
(МИИГАиК)

Факультет оптического приборостроения
Кафедра прикладной оптики

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 5387FD2AF5B17FED816FDE9A1D4973B1
Владелец: Степанченко Алексей Леонидович
Действителен: с 21.07.2025 по 14.10.2026

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор
А. Л. Степанченко
24 марта 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) «ФТД.02 ТЕОРИЯ АБЕРРАЦИЙ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

Уровень высшего образования: магистратура

Направление подготовки: 12.04.02 Оптотехника

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

Квалификация (степень) выпускника: магистр

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2025

Срок получения образования: 2 года

Объем: в зачетных единицах: 2 з.е.
в академических часах: 72 ак.ч.

Москва, 2025

Разработчики:

Профессор кафедры Прикладной оптики, д.н., профессор
Бездидько С. Н.

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 12.04.02 Оптотехника, утвержденного приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 941

Согласование и утверждение

№	Подразделение	Ответственное лицо	ФИО	Виза	Дата, протокол (при наличии)
1	факультет Оптического приборостроения	Председатель ученого совета факультета	Торшина И. П.	Рассмотрено	15.01.2025, № 2/24-25

Содержание

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

3. Место дисциплины в структуре ОП

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

5. Содержание дисциплины
   5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий
   5.2. Содержание разделов, тем дисциплины и формы текущего контроля

6. Оценочные материалы текущего контроля

7. Оценочные материалы промежуточной аттестации

8. Порядок проведения промежуточной аттестации

9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины
   9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы
   9.2. Профессиональные базы данных и ресурсы «Интернет», к которым обеспечивается доступ обучающихся
   9.3. Программное обеспечение и информационно-справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине
   9.4. Оборудование и технические средства обучения

10. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цель освоения дисциплины - Освоение обучающимися компетенций в области теории аберраций оптических систем и ее применения при анализе и проектировании оптических приборов

Задачи изучения дисциплины:

- Освоение студентами теоретических и практических знаний, приобретение умений и навыков в области теории аберраций оптических систем третьего порядка и ее применения при анализе, расчету и проектировании оптических систем, их узлов и отдельных элементов..

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Компетенции, индикаторы и результаты обучения

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

ПК-2.1 Формулирует постановку задачи и определяет набор параметров, с учётом которых должно быть проведено моделирование процессов, явлений и особенностей работы изделий оптотехники

Знать:

ПК-2.1/Зн3 Основные области и специфика применения оптотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов. Принципы построения и состав оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

Уметь:

ПК-2.1/Ум3 Анализировать предъявляемые технические требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора с учетом известных экспериментальных и теоретических результатов.

Владеть:

ПК-2.1/Нв3 Методикой составления технического задания на проектирование новых оптических систем и основными принципами их построения и расчета

ПК-2.2 Определяет выходные параметры и функции разрабатываемого оптико-электронного прибора, которые должны быть определены в результате моделирования его функционирования на основе физических процессов и явлений

Знать:

ПК-2.2/Зн5 Компьютерные технологии и программные средства проектирования и конструирования. Основы алгоритмизации и программирования

Уметь:

ПК-2.2/Ум4 Производить компьютерное моделирование с использованием методов системного подхода для прогнозирования поведения, оптимизации и изучения функционирования разрабатываемых оптических и оптико-электронных приборов

Владеть:

ПК-2.2/Нв4 Методикой составления технического задания на проектирование новых оптических систем и основными принципами их построения и расчета

ПК-2.3 Разрабатывает математические модели функционирования оптико- электронных приборов на основе физических процессов и явлений

Знать:

ПК-2.3/Зн3 Основные области и специфика применения оптотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов. Принципы построения и состав оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.

Уметь:

ПК-2.3/Ум3 Анализировать предъявляемые технические требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора с учетом известных экспериментальных и теоретических результатов.

Владеть:

ПК-2.3/Нв3 Методикой составления технического задания на проектирование новых оптических систем и основными принципами их построения и расчета

ПК-2.4 Проводит компьютерное моделирование функционирования оптико-электронных приборов на основе физических процессов и явлений

Знать:

ПК-2.4/Зн3 Основные области и специфика применения оптотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов. Принципы построения и состав оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

Уметь:

ПК-2.4/Ум3 Анализировать предъявляемые технические требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора с учетом известных экспериментальных и теоретических результатов

Владеть:

ПК-2.4/Нв3 Методикой составления технического задания на проектирование новых оптических систем и основными принципами их построения и расчета

ПК-2.5 Проводит анализ полученных результатов моделирования работы оптико-электронных приборов на основе физических процессов и явлений

Знать:

ПК-2.5/Зн3 Основные области и специфика применения оптотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов. Принципы построения и состав оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

Уметь:

ПК-2.5/Ум3 Анализировать предъявляемые технические требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора с учетом известных экспериментальных и теоретических результатов

Владеть:

ПК-2.5/Нв3 Методикой составления технического задания на проектирование новых оптических систем и основными принципами их построения и расчета

3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) ФТД.02 «Теория аберраций оптических систем» относится к обязательной части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 2.

В процессе изучения дисциплины студент готовится к решению типов задач профессиональной деятельности, предусмотренных ФГОС ВО и образовательной программой.

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Период обучения	Общая трудоемкость (часы)	Общая трудоемкость (ЗЕТ)	Практические занятия (часы)	Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация (часы)
2 семестр	72	2	28	44	Зачет
Всего	72	2	28	44	

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий

(часы промежуточной аттестации не указываются)

Наименование раздела, темы	Всего	Практические занятия	Самостоятельная работа	Планируемые результаты обучения, соотнесенные с результатами освоения программы
Раздел 1. Общий анализ аберраций оптических систем. Волновая и геометрические аберрации.	**16**	**4**	**12**	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-2.4 ПК-2.5
Тема 1.1. Введение. Общий анализ аберраций оптических систем	8	2	6	
Тема 1.2. Геометрические аберрации.	8	2	6	
Раздел 2. Теория монохроматических аберраций третьего порядка	**40**	**16**	**24**	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-2.4 ПК-2.5
Тема 2.3. Классификация геометрических аберраций	8	2	6	
Тема 2.4. Общий вид выражений для аберраций третьего порядка. Суммы Зейделя.	8	2	6	
Тема 2.5. Отдельные аберрации третьего порядка	14	8	6	
Тема 2.6. Тонкокомпо-нентная модель оптической системы.	10	4	6	
Раздел 3. Теория хроматических аберраций	**10**	**6**	**4**	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-2.4 ПК-2.5
Тема 3.7. Хроматические аберрации	10	6	4	

Раздел 4. Условия идеального изображения точки. Апланатические поверхности.	**6**	**2**	**4**	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-2.4 ПК-2.5
Тема 4.8. Апланатические поверхности.	6	2	4	
Итого	**72**	**28**	**44**	

5.2. Содержание разделов, тем дисциплин и формы текущего контроля

Раздел 1. Общий анализ аберраций оптических систем. Волновая и геометрические аберрации.

Тема 1.1. Введение. Общий анализ аберраций оптических систем

Практическое занятие № 1. Введение. Основные законы Гауссовой оптики. Причины появления аберраций.

Тема 1.2. Геометрические аберрации.

Практическое занятие № 2. Геометрические аберрации и ее связь с волновыми аберрациями. Вывод формул по расчету хода луча через одну поверхность для осевой точки предмета.

Раздел 2. Теория монохроматических аберраций третьего порядка

Тема 2.3. Классификация геометрических аберраций

Практическое занятие №3. Геометрические аберрации отдельных лучей, вносимых одной поверхностью для осевой точки предмета

Тема 2.4. Общий вид выражений для аберраций третьего порядка. Суммы Зейделя.

Практическое занятие №4. Оценка зависимости аберрации отдельного луча от угла падения луча на поверхность.

Тема 2.5. Отдельные аберрации третьего порядка

Практическое занятие № 5. Вычисление положения плоскости наилучшей установки при наличии сферической аберрации
Практические занятие № 6. Построение фигуры рассеяния изображения точки при наличии комы
Практическое занятие № 7. Вычисление астигматизма третьего порядка для случая, когда предмет расположен на бесконечности.
Практическое занятие № 8. Вычисление дисторсии для простейших оптических систем

Тема 2.6. Тонкокомпо-нентная модель оптической системы.

Практическое задание №9. Однолинзовый тонкий объектив с минимальной сферической аберрацией
Практическое занятие №10. Вывод соотношений, связывающих основные и модифицированные аберрационные параметры.

Раздел 3. Теория хроматических аберраций

Тема 3.7. Хроматические аберрации

Практическое занятие №11. Ахроматизация простейших оптических систем.
Практическое занятие №12. Российский каталог оптических материалов и его использованием при ахроматизации оптических систем.
Практическое занятие №13. Практический выбор материалов для апохроматизации оптических систем

Раздел 4. Условия идеального изображения точки. Апланатические поверхности.

Тема 4.8. Апланатические поверхности.

Практическое занятие №14. Апланатические поверхности и линзы.

6. Порядок проведения промежуточной аттестации

Порядок проведения промежуточной аттестации регламентируется локальными нормативными актами Университета:
- Положением о формах, периодичности, порядке текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по основным образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», п.6 «Организация и проведение промежуточной аттестации».
- Положением о порядке осуществления образовательного процесса, проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», п.8 «Проведение промежуточной аттестации с применением ЭО и ДОТ».

Промежуточная аттестация: Зачет, 2 семестр.
при проведении промежуточной аттестации, применяется среднее арифметическое значения оценок, полученных за каждый элемент оценивания, указанный в билете (вопрос и два практических задания). Итоговая оценка по дисциплине (модулю) рассчитывается как отношение суммы оценок, полученных обучаемым за каждый вопрос и задания в билете(вопрос и 2 задания, далее элемент контроля) поделенное на количество полученных оценок (3). При проведении оценивания по вопросам и заданиям, указанным в билете, в ходе промежуточной аттестации, преподаватель может учитывать результаты текущего контроля

7. Оценочные материалы текущего контроля

8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

2 семестр, Зачет
Контролируемые ИДК: ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-2.4 ПК-2.5
Вопросы/Задания:

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

1. Понятие эйконала.
2. Аберрации оптических систем 3 порядка.
3. Общий вид выражений для аберраций третьего порядка.
4. Определение коэффициентов аберраций третьего порядка центрированной оптической системы.
5. Выражения для поперечных аберраций 3 порядка δg' и δG' и сумм Зейделя для одной поверхности.
6. Выражения для поперечных аберраций 3 порядка δg' и δG' и сумм Зейделя для оптической системы.
7. Аберрации третьего порядка систем из бесконечно тонких компонентов.
8. Основные параметры бесконечно тонкого компонента.
9. Аберрации третьего порядка тонкого компонента при переворачивании компонента.
10. Основные аберрационные параметры P, W, π бесконечно тонкой линзы.
11. Изменение основных аберрационных параметров при изменении формы линзы.
12. Определение модифицированных основных параметров.
13. Обращение хода луча в тонкой системе и основные аберрационные параметры.
14. Минимальные значения основного параметров P0 для отдельной линзы.
15. Апланатические точки преломляющей поверхности.
16. Анаберрационные преломляющие поверхности.
17. Анаберрационные отражающие поверхности.
18. Изображение точки при наличии сферической аберрации 3 порядка.
19. Определение распределения светового пучка в кружке рассеяния изображения точки при наличии сферической аберрации 3 порядка.
20. Плоскость наименьшего кружка рассеяния при наличии сферической аберрации 3 порядка.
21. Фигуры изображения точки при наличии комы.
22. Фигуры изображения точки при наличии астигматизма и кривизны изображения.
23. Изображение объекта при наличии дисторсии.
24. Классификация хроматических аберраций.
25. Показатели преломления и дисперсия оптических материалов.
26. Хроматическая аберрация положения.
27. Хроматическая аберрация увеличения.
28. Хроматические аберрации оптической системы, состоящей из бесконечно тонких компонентов.
29. Связь основных и модифицированных основных параметров.
30. Апланатические поверхности и линзы.
31. Дифракционно-ограниченные оптические системы. Критерий Релея.
32. Понятие волновой аберрации. Связь между волновыми и геометрическими аберрациями.
33. Обзор аберраций высших порядков и их роль при создании оптических систем

9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Можаров Г. А. Теория аберраций оптических систем / Г. А. Можаров. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 288 с. - 978-5-8114-1439-0. - Текст: электронный // Издательство Лань: [сайт]. - URL: https://e.lanbook.com/book/211271 - Режим доступа: по подписке

2. Апенко М.И. Задачник по прикладной оптике : Учеб. пособие / М.И. Апенко, Л.А. Запрягаева, И.С. Свешникова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Издательство Высшая школа, 2003. - 591 - 5-06-004258-8. - Текст: непосредственный.

3. Апенко М.И. Прикладная оптика: Учеб. для оптических специальностей вузов. / Под общ. ред. А.С. Дубовика. / М.И. Апенко, А.С. Дубовик, Г.В. Дурейко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Машиностроение, 1992. - 480 - 5-217-01262-5. - Текст: непосредственный.

Дополнительная литература

1. Основы геометрической оптики. / И.С. Свешникова, Л.А. Запрягаева, И.В. Гузеева, А.С. Филонов. - Издательство "Шико", 2009. - 215 - 5-900758-42-7. - Текст: непосредственный.

2. Слюсарев Г.Г. Расчёт оптических систем. / Г.Г. Слюсарев. - Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1975. - 640 - Текст: непосредственный.

9.2. Профессиональные базы данных и ресурсы «Интернет», к которым обеспечивается доступ обучающихся

Профессиональные базы данных

Не используются.

Ресурсы «Интернет»

1. https://lib.itmo.ru/?ysclid=mjsjyvrajj48549438 - Библиотека Санкт-Петербургского Университета ИТМО

9.3. Программное обеспечение и информационно-справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень программного обеспечения
(обновление производится по мере появления новых версий программы)

Не используется.

Перечень информационно-справочных систем
(обновление выполняется еженедельно)

Не используется.

9.4. Оборудование и технические средства обучения

Для практических занятий

Автоматизированное рабочее место (АРМ) - 10 шт.
Меловая доска - 1 шт.
МФУ - 1 шт.

10. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

С целью успешного освоения данного предмета студенту необходимо выполнять домашние работы по указанным преподавателям темам и представленным на занятиях материалам. Для более успешного выполнения работы студенту предлагается использование учебно-методических материалов, соответствующих указанной теме.

Самостоятельная работа студентов описывается и регулируется:

- Методическими рекомендациями по дисциплине;
- Методическими рекомендациями по организации самостоятельной работы студентов МИИГАиК;

Описание возможностей изучения дисциплины лицами с ОВЗ и инвалидами

При необходимости обучения студентов-инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья аудиторные занятия могут быть заменены или дополнены изучением полнотекстовых лекций, презентаций, видео- и аудиоматериалов в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) университета. Индивидуальные задания подбираются в адаптированных к ограничениям здоровья формах (письменно или устно, в форме презентаций). Выбор методов обучения зависит от их доступности для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.

Рабочая программа дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.