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
17 февраля 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
ПРИКЛАДНАЯ ОПТИКА
«Б1.О.18.01 ТЕОРИЯ АБЕРРАЦИЙ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

Уровень высшего образования: специалитет

Специальность: 12.05.01 Электронные и оптико-электронные приборы и системы специального назначения

Направленность(профиль) подготовки: Электронные и оптико-электронные приборы и системы дистанционного зондирования Земли

Квалификация (степень) выпускника: инженер

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2023

Срок получения образования: 5 лет 6 месяца(-ев)

Объем: в зачетных единицах: 4 з.е.
в академических часах: 144 ак.ч.

Москва, 2023

Разработчики:

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

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 12.05.01 Электронные и оптико-электронные приборы и системы специального назначения, утвержденного приказом Минобрнауки от 09.08.2018 № 93

Согласование и утверждение

№	Подразделение	Ответственное лицо	ФИО	Виза	Дата, протокол (при наличии)
1	факультет Оптического приборостроения	Председатель ученого совета факультета	Торшина И. П.	Рассмотрено	01.12.2022, № 1

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 систем

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

ОПК-1 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем и применять методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и сопровождением производства оптических и оптико-электронных приборов и комплексов, эксплуатацией и организацией функционирования электронных и оптико-электронных систем специального назначения

ОПК-1.1 Выявляет естественнонаучную сущность проблем в инженерной деятельности

Знать:

ОПК-1.1/Зн13 Взаимосвязь волновых и геометрических аберраций. Теорию монохроматических и хроматических аберраций третьего порядка. Методы оценки аберраций высших порядков и потенциальных возможностей оптических систем в зависимости от их основных характеристик.

Уметь:

ОПК-1.1/Ум13 Анализировать технические требования, предъявляемые к разрабатываемым оптическим системам, Анализировать аберрационные характеристики оптических систем и основные характеристики качества изображения. Использовать профессиональные пакеты прикладных программ для проектирования оптических систем и анализа их аберрационных свойств.

Владеть:

ОПК-1.1/Нв9 Методикой составления технического задания на проектирование новых оптических систем и основными принципами их построения и расчета.

ОПК-1.2 Применяет методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности

Знать:

ОПК-1.2/Зн7 Взаимосвязь волновых и геометрических аберраций. Теорию монохроматических и хроматических аберраций третьего порядка. Методы оценки аберраций высших порядков и потенциальных возможностей оптических систем в зависимости от их основных характеристик.

Уметь:

ОПК-1.2/Ум8 Анализировать технические требования, предъявляемые к разрабатываемым оптическим системам, Анализировать аберрационные характеристики оптических систем и основные характеристики качества изображения. Использовать профессиональные пакеты прикладных программ для проектирования оптических систем и анализа их аберрационных свойств.

Владеть:

ОПК-1.2/Нв8 Методикой составления технического задания на проектирование новых оптических систем и основными принципами их построения и расчета.

ОПК-6 Способен участвовать в разработке текстовой и конструкторско- технической документации в соответствии с требованиями нормативной документации

ОПК-6.1 Участвует в разработке текстовой документации в соответствии с требованиями нормативной документации.

Знать:

ОПК-6.1/Зн4 Методы проведения патентных исследований с использованием автоматизированных баз данных готовых оптических систем LensView и Zebase

Уметь:

ОПК-6.1/Ум4 Производить патентный поиск. Работать с научно-технической информацией Анализировать предъявляемые технические требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора и оптического тракта. Работать с базами данных и источниками информации

Владеть:

ОПК-6.1/Нв4 Владеть методами экспериментальных исследованиий и измерениий. Организовать проведение научных исследований с учетом специфики оптического приборостроения.

ОПК-6.2 Участвует в разработке конструкторско-технической документации в соответствии с требованиями нормативной документации.

Знать:

ОПК-6.2/Зн4 Методы проведения патентных исследований с использованием автоматизированных баз данных готовых оптических систем LensView и Zebase

Уметь:

ОПК-6.2/Ум5 Производить патентный поиск. Работать с научно-технической информацией Анализировать предъявляемые технические требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора и оптического тракта. Работать с базами данных и источниками информации

Владеть:

ОПК-6.2/Нв5 Владеть методами экспериментальных исследованиий и измерениий. Организовать проведение научных исследований с учетом специфики оптического приборостроения.

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

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

Знать:

ПК-3.1/Зн26 Взаимосвязь волновых и геометрических аберраций. Теорию монохроматических и хроматических аберраций третьего порядка. Методы оценки аберраций высших порядков и потенциальных возможностей оптических систем в зависимости от их основных характеристик.

Уметь:

ПК-3.1/Ум19 Анализировать технические требования, предъявляемые к разрабатываемым оптическим системам, Анализировать аберрационные характеристики оптических систем и основные характеристики качества изображения. Использовать профессиональные пакеты прикладных программ для проектирования оптических систем и анализа их аберрационных свойств

Владеть:

ПК-3.1/Нв19 Методикой составления технического задания на проектирование новых оптических систем и основными принципами их построения и расчета.

ПК-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

Знать:

ПК-3.2/Зн19 Взаимосвязь волновых и геометрических аберраций. Теорию монохроматических и хроматических аберраций третьего порядка. Методы оценки аберраций высших порядков и потенциальных возможностей оптических систем в зависимости от их основных характеристик.

Уметь:

ПК-3.2/Ум18 Анализировать технические требования, предъявляемые к разрабатываемым оптическим системам, Анализировать аберрационные характеристики оптических систем и основные характеристики качества изображения. Использовать профессиональные пакеты прикладных программ для проектирования оптических систем и анализа их аберрационных свойств

Владеть:

ПК-3.2/Нв17 Методикой составления технического задания на проектирование новых оптических систем и основными принципами их построения и расчета.

3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.О.18.01 «Теория аберраций оптических систем» относится к обязательной части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 3.

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)	Лекционные занятия (часы)	Практические занятия (часы)	Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация (часы)
3 семестр	144	4	34	34	40	Курсовая работа Экзамен (36)
Всего	144	4	34	34	40	36

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий

(часы промежуточной аттестации не указываются)

Наименование раздела, темы	Всего	Лекционные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Планируемые результаты обучения, соотнесенные с результатами освоения программы
Раздел 1. Общий анализ аберраций оптических систем. Волновая и геометрические аберрации	**12**	**4**	**4**	**4**	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-6.1 ОПК-6.2 ПК-3.1 ПК-3.2
Тема 1.1. Введение. Общий анализ аберраций оптических систем	6	2	2	2	
Тема 1.2. Геометрические аберрации	6	2	2	2	
Раздел 2. Теория монохроматических аберраций третьего порядка.	**54**	**16**	**16**	**22**	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-6.1 ОПК-6.2
Тема 2.3. Общие понятия о геометрических аберрациях и их классификация	8	2	2	4	
Тема 2.4. Общий вид выражений для аберраций третьего порядка. Суммы Зейделя.	8	2	2	4	
Тема 2.5. Отдельные аберрации третьего порядка	24	8	8	8	
Тема 2.6. Тонкокомпонентная модель оптической системы.	14	4	4	6	
Раздел 3. Теория хроматических аберраций.	**18**	**6**	**6**	**6**	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-6.1 ОПК-6.2
Тема 3.7. Хроматические аберрации	18	6	6	6	
Раздел 4. Условия идеального изображения точки. Апланатические поверхности.	**12**	**4**	**4**	**4**	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-6.1 ОПК-6.2
Тема 4.8. Анаберрационные и апланатические поверхности.	12	4	4	4	
Раздел 5. Волновые аберрации	**6**	**2**	**2**	**2**	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-6.1 ОПК-6.2
Тема 5.7. Волновые аберрации и основные характеристики качества изображения	6	2	2	2	
Раздел 6. Аберрации высших порядков.	**6**	**2**	**2**	**2**	ОПК-1.1 ОПК-1.2

Тема 6.8. Обзор аберраций высших порядков.	6	2	2	2	ОПК-6.1 ОПК-6.2
Итого	**108**	**34**	**34**	**40**	

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

Лекция №1. Общие понятия об эйконалах. Волновые аберрации.
Практическое занятие № 1. Введение. Основные законы Гауссовой оптики. Причины появления аберраций.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Письменный опрос

Тема 1.2. Геометрические аберрации

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

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Письменный опрос

Раздел 2. Теория монохроматических аберраций третьего порядка.

Тема 2.3. Общие понятия о геометрических аберрациях и их классификация

Лекция №3. Связь эйконала Шварцшильда и геометрических аберраций
Практическое занятие №3. Практический расчет геометрических аберраций отдельных лучей, вносимых одной поверхностью для осевой точки предмета

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Письменный опрос

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

Лекция № 4. Общий вид выражений для аберраций третьего порядка. Классификация аберраций
Практическое занятие №4. Оценка зависимости аберрации отдельного луча от угла падения луча на поверхность.

Тема 2.5. Отдельные аберрации третьего порядка

Лекция № 5. Понятие, точное вычисление и график сферической аберрации третьего порядка.
Практическое занятие № 5. Вычисление положения плоскости наилучшей установки при наличии сферической аберрации
Лекция № 6. Понятие, точное вычисление и график комы третьего порядка. Зависимость комы от положения входного зрачка.
Практические занятие № 6. Построение фигуры изображения точки при наличии комы
Лекция № 7. Понятие, точное вычисление и график астигматизма и кривизны изображения третьего порядка.
Практическое занятие № 7. Вычисление астигматизма третьего порядка для случая, когда предмет расположен на бесконечности.
Лекция № 8. Понятие и точное вычисление дисторсии третьего порядка. Подушкообразная и бочкообразная дисторсия.
Практическое занятие № 8. Вычисление дисторсии для простейших оптических систем (ландшафтный объектив)

Тема 2.6. Тонкокомпонентная модель оптической системы.

Лекция 9. Аберрации третьего порядка систем из бесконечно тонких компонентов. Основные аберрационные параметры.
Практическое задание 9. Построение однолинзового тонкого объектива с минимальной сферической аберрацией
Лекция 10. Определение модифицированных основных аберрационных параметров
Практическое занятие № 10. Вывод соотношений, связывающих основные и модифицированные аберрационные параметры.

Раздел 3. Теория хроматических аберраций.

Тема 3.7. Хроматические аберрации

Лекция №11 Общие понятия о хроматических аберрациях. Хроматическая аберрация положения изображения. Первая хроматическая сумма S1xp. Ахроматизация линзы.
Практическое занятие 11. Ахроматизация простейших оптических систем.
Лекция 12. Хроматическая аберрация увеличения изображения. Вторая хроматическая сумма S2xp.
Практическое занятие 12. Ознакомление с Российским каталогом оптических материалов и его использованием при ахроматизации оптических систем. Хроматический радиус.
Лекция 13. Понятие о вторичном спектре. Вторичный спектр двухлинзового объектива. Исправление вторичного спектра. Апохроматизация и суперахроматизация оптических систем. Сферохроматизм
Практическое занятие № 13. Практические выбор марок материалов для апохроматизации оптических систем.

Раздел 4. Условия идеального изображения точки. Апланатические поверхности.

Тема 4.8. Анаберрационные и апланатические поверхности.

Лекция 14. Анаберрационные преломляющие и отражающие поверхности.
Практическое занятие №14. Практическое изучение анаберационных поверхностей и их задание в программном комплексе ZEMAX.
Лекция 15. Апланатические поверхности и линзы.
Практическое занятие 15. Построение конкретных оптических схем с использованием апланатических поверхностей

Раздел 5. Волновые аберрации

Тема 5.7. Волновые аберрации и основные характеристики качества изображения

Лекция №16. Волновые аберрации и основные критерии качества изображения. Дифракционное изображение точки. Дифракционно-ограниченные оптические системы.
Практическое занятие 16. Практическое ознакомление с вычислением основных характеристик качества изображения на программном комплексе ZEMAX.

Раздел 6. Аберрации высших порядков.

Тема 6.8. Обзор аберраций высших порядков.

Лекция 17. Обзор аберраций высших порядков и их роль при создании оптических систем. Анализ аберраций пятых порядков.
Практическое занятие 17. Практическое ознакомление с аберрациями 5-го порядка

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Письменный опрос

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: Экзамен, 3 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

Промежуточная аттестация: Курсовая работа, 3 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

Раздел 1. Общий анализ аберраций оптических систем. Волновая и геометрические аберрации
Контролируемые ИДК: ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-6.1 ОПК-6.2 ПК-3.1 ПК-3.2

Тема 1.1. Введение. Общий анализ аберраций оптических систем
Форма контроля/оценочное средство: Письменный опрос
Вопросы/Задания:
1. Роль теории аберраций при создании ОЭС.

Тема 1.2. Геометрические аберрации
Форма контроля/оценочное средство: Письменный опрос
Вопросы/Задания:
1. Понятие эйконала

Раздел 2. Теория монохроматических аберраций третьего порядка.
Контролируемые ИДК: ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-6.1 ОПК-6.2

Тема 2.3. Общие понятия о геометрических аберрациях и их классификация
Форма контроля/оценочное средство: Письменный опрос
Вопросы/Задания:
1. Аберрации оптических систем 3 порядка

Раздел 6. Аберрации высших порядков.
Контролируемые ИДК: ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-6.1 ОПК-6.2

Тема 6.8. Обзор аберраций высших порядков.
Форма контроля/оценочное средство: Письменный опрос
Вопросы/Задания:
1. Основные аберрации 5 порядка

8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

3 семестр, Экзамен
Контролируемые ИДК: ОПК-1.1 ОПК-6.1 ПК-3.1 ОПК-1.2 ОПК-6.2 ПК-3.2
Вопросы/Задания:
1. Способен участвовать в разработке текстовой и конструкторско- технической документации в соответствии с требованиями нормативной документации
1.Роль теории аберраций при создании ОЭС.
2.Понятие эйконала.
3.Аберрации оптических систем 3 порядка.
4.Общий вид выражений для аберраций третьего порядка.
5.Определение коэффициентов аберраций третьего порядка центрированной оптической системы.
6.Выражения для поперечных аберраций 3 порядка δg’ и δG’ и сумм Зейделя для одной

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

3 семестр, Курсовая работа
Контролируемые ИДК: ОПК-1.1 ОПК-6.1 ПК-3.1 ОПК-1.2 ОПК-6.2 ПК-3.2
Вопросы/Задания:

1. Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем и применять методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и сопровождением производства оптических и оптико-электронных приборов и комплексов, эксплуатацией и организацией функционирования электронных и оптико-электронных систем специального назначения

1. Вычислять углы между параксиальным лучом и оптической осью во всех пространствах и высоты этого луча на оптических поверхностях при различных исходных координатах рассчитываемого луча;
2. Вычислять кардинальные элементы оптической системы;
3. По исходным данным вычислять положения и величины зрачков и диафрагм;
4. Вычислять монохроматические суммы Зейделя и хроматические суммы;
5. Вычислять меридиональную и сагиттальную составляющие отдельных монохроматических аберраций 3-го порядка внемеридионального (косого) луча;
6. Вычислять меридиональную и сагиттальную составляющие общей поперечной монохроматических аберраций 3-го порядка внемеридионального (косого) луча;

7. Строить фигуры рассеяния лучей для отдельных монохроматических аберраций 3-го порядка и общей поперечной монохроматической аберрации 3-го порядка;
8. Вычислять монохроматические аберрации 3-го порядка меридиональных лучей, хроматизм положения и увеличения 1-го порядка;
9. Вычислять точные значения аберраций на ЭВМ и строить графики аберраций.

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. Прикладная оптика / М.И. Апенко, А.С. Дубовик. - 2-е изд., перераб - Издательство Наука, 1982. - 352 - 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.

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

Профессиональные базы данных

Не используются.

Ресурсы «Интернет»

1. https://miigaik.ru/ - МИИГАиК

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

Компьютерный класс

Автоматизированное рабочее место (АРМ) - 12 шт.
Интерактивная панель - 1 шт.
Маркерная доска - 1 шт.
Меловая доска - 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.