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
Протокол от 31 мая 2021 г. № 34

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) «Б1.О.18 СИНТЕЗ 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): 2021

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

Объем: в зачетных единицах: 9 з.е.
в академических часах: 324 ак.ч.

Москва, 2021

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	09.04.2021, № 4

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 новых оптических систем с целью формирования методов и алгоритмов синтеза оптических систем.

Задачи изучения дисциплины:

- получение обучающимися теоретических знаний по методам синтеза оптических систем и приобретение практических навыков по разработке новых оптических систем с использованием классических аберраций третьих порядков и ортогональных аберраций..

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

Компетенции, индикаторы и результаты обучения

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/Зн15 Принципы построения и состав оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.

Уметь:

ПК-3.1/Ум11 Применять передовой инженерный опыт при проектировании и конструировании оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

Владеть:

ПК-3.1/Нв9 Графическим построением хода геометрических лучей в оптических системах для определения положения и размера изображения, зрачков, световых диаметров компонентов.

ПК-3.1/Нв17 Методикой габаритного расчета оптических систем. Основами энергетического расчета оптических, оптико-электронных и лазерных приборов и комплексов

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/Зн1 Основы проектирования, конструирования и производства оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.Принципы построения и состав оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

ПК-3.2/Зн11 Основы проектирования, конструирования и производства оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.

Уметь:

ПК-3.2/Ум10 Рассчитывать, проектировать и конструировать в соответствии с техническим заданием типовые системы, приборы, детали и узлы оптотехники на схемотехническом и элементном уровнях Работать с базами данных и источниками информации.

Владеть:

ПК-3.2/Нв9 Методикой габаритного расчета оптических систем. Основами энергетического расчета оптических, оптико-электронных и лазерных приборов и комплексов.

ПК-3.2/Нв10 Графическим построением хода геометрических лучей в оптических системах для определения положения и размера изображения, зрачков, световых диаметров компонентов. Методикой габаритного расчета оптических систем. Основами энергетического расчета оптических, оптико-электронных и лазерных приборов и комплексов

ПК-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

Знать:

ПК-3.3/Зн5 Основы проектирования, конструирования и про-изводства оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

Уметь:

ПК-3.3/Ум13 Рассчитывать, проектировать и конструировать в соответствии с техническим заданием типовые системы, приборы, детали и узлы оптотехники на схемотехническом и элементном уровнях Работать с базами данных и источниками информации

Владеть:

ПК-3.3/Нв10 Графическим построением хода геометрических лучей в оптических системах для определения положения и размера изображения, зрачков, световых диаметров компонентов Методикой габаритного расчета оптических систем. Основами энергетического расчета оптических, оптико-электронных и лазерных приборов и комплексов

3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.О.18 «Синтез оптических систем» относится к обязательной части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 9, 10.

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)
9 семестр	108	3	51	21	Экзамен (36)

10 семестр	216	6	51	138	Зачет с оценкой (27) Курсовая работа
Всего	324	9	102	159	63

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. Основные подходы, используемые при построении (синтезе) исходной (предварительной) оптической схемы	**14**	**10**	**4**	ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
Тема 1.1. Геометрической оптики как простейшая математическая модель оптического излучения	6	4	2	
Тема 1.2. Законы геометрической оптики	8	6	2	
Раздел 2. Этап 1 композиции ОС – построение структурно-габаритной тонкокомпонентной модели исходной оптической системы	**11**	**9**	**2**	ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
Тема 2.1. Идеальная оптическая система	11	9	2	
Раздел 3. Этап 2 композиции ОС - Определение требований к аберрационной коррекции отдельных компонентов	**12**	**8**	**4**	ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
Тема 3.1. Диафрагмы в оптических системах	12	8	4	
Раздел 4. Этап 3 композиции ОС – построение различных типов отдельных компонентов. Основные соотношения (математическая модель)	**12**	**8**	**4**	ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
Тема 4.1. Расчет хода параксиальных лучей через оптические системы	12	8	4	

Раздел 5. Этап 4 синтеза - переход к компонентам с конечными толщинами и сборка оптической системы	**12**	**8**	**4**	ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
Тема 5.1. Этап 4 синтеза - переход к компонентам с конечными толщинами и сборка оптической системы	12	8	4	
Раздел 6. Упрощенная методика синтеза оптических систем	**11**	**8**	**3**	ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
Тема 6.1. Упрощенная методика синтеза оптических систем.	11	8	3	
Раздел 7. Зеркальные и зеркально-линзовые оптические системы	**26**	**8**	**18**	ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
Тема 7.1. Преимущества и недостатки ЗСиЗЛС, их применение. Основные оптические характеристики и конструктивные особенности центрированных ЗС. Оптические схемы классических ЗС.	26	8	18	
Раздел 8. Классическое представление аберрационной функции и отдельные аберрации различных порядков. Полиномы Цернике	**26**	**8**	**18**	ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
Тема 8.1. Классическое представление волновой аберрации. Отдельные аберрации различных порядков.	26	8	18	
Раздел 9. Определение ортогональных аберраций. Методы вычисления ортогональных аберраций и определение основных аберрационных характеристик качества изображения оптических систем	**27**	**8**	**19**	ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
Тема 9.1. Определение четырехмерных ортогональных полиномов в области поле зрения-светосила.	27	8	19	
Раздел 10. Основные свойства ортогональных аберраций. Методы определения коррекционных возможностей оптических систем	**36**	**8**	**28**	ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3

Тема 10.1. Влияние изменения конструктивных параметров оптических систем на изменение аберраций различных порядков	36	8	28	
Раздел 11. Определение предельно достижимых аберрационных характеристик исследуемых оптических систем. Основные принципы построения баз знаний по оптическим системам	**37**	**10**	**27**	ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
Тема 11.1. Условия образования идеального изображения	37	10	27	
Раздел 12. Локальная ограниченность программ оптимизации оптических систем и использование ортогональных аберраций при создании новых глобальных методов оптимизации	**37**	**9**	**28**	ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
Тема 12.1. Использование ортогональных аберраций при создании новых глобальных методов оптимизации оптических систем.	37	9	28	
Итого	**261**	**102**	**159**	

5.2. Содержание разделов, тем дисциплин и формы текущего контроля

Раздел 1. Основные подходы, используемые при построении (синтезе) исходной (предварительной) оптической схемы

Тема 1.1. Геометрической оптики как простейшая математическая модель оптического излучения

Практическое занятие № 1.
Анализ процесса проектирования оптических систем. Этапы процесса проектирования.

Тема 1.2. Законы геометрической оптики

Практическое занятие № 2.
Основные подходы построения (синтеза) предварительной (исходной) оптической схемы.
Практическое занятие № 3.
Основные этапы синтеза оптических систем, основанного на использовании аналитических методов (гауссова оптика, теория аберраций 3 порядка).

Раздел 2. Этап 1 композиции ОС – построение структурно-габаритной тонкокомпонентной модели исходной оптической системы

Тема 2.1. Идеальная оптическая система

Практическое занятие № 4.
Этап 1 синтеза – построение структурногабаритной тонкокомпонентной модели исходной оптической системы.
Практическое занятие № 5.
Математическая модель, используемая на первом этапе синтеза - матричные методы параксиальной оптики, скобки Гаусса.
Практическое занятие № 6.
Построение структурногабаритной тонкокомпонентной модели исходной оптической системы.

Раздел 3. Этап 2 композиции ОС - Определение требований к аберрационной коррекции отдельных компонентов

Тема 3.1. Диафрагмы в оптических системах

Практическое занияние № 7.
Этап 2 синтеза ОС - Определение требований к аберрационной коррекции отдельных компонентов.
Практическое занятие № 8.
Определение интегральной характеристики качества изображения, создаваемого оптической системой.
Развитие теории модифицированных основных параметров.
Практическое занятие № 9.
Основные критерии оптимального распределения аберрационной коррекции по компонентам.

Раздел 4. Этап 3 композиции ОС – построение различных типов отдельных компонентов. Основные соотношения (математическая модель)

Тема 4.1. Расчет хода параксиальных лучей через оптические системы

Практическое занятие № 10..
Математическая модель зависимости основных аберрационных параметров отдельного компонента от его конструктивных параметров.
Практическое занятие № 11.
Построение одно-, двух- и трехлинзовых склеенных компонентов.
Практическое занятие № 12.
Построение склеенных компонентов по известным основным параметрам.

Раздел 5. Этап 4 синтеза - переход к компонентам с конечными толщинами и сборка оптической системы

Тема 5.1. Этап 4 синтеза - переход к компонентам с конечными толщинами и сборка оптической системы

Правила введения толщин линз и воздушных промежутков в синтезированную систему.
Аберрационный анализ синтезированной оптической системы.

Раздел 6. Упрощенная методика синтеза оптических систем

Тема 6.1. Упрощенная методика синтеза оптических систем.

Правила построения оптических систем с минимальными углами падения лучей на отдельные поверхности. Автоматизированный выбор марок стекол в оптических системах после монохроматической оптимизации аберраций.

Раздел 7. Зеркальные и зеркально-линзовые оптические системы

Тема 7.1. Преимущества и недостатки ЗСиЗЛС, их применение. Основные оптические характеристики и конструктивные особенности центрированных ЗС. Оптические схемы классических ЗС.

Однозеркальные и двухзеркальные системы со ферическими и асферическими поверхностями. Зеркально-линзовые системы. Линзовые компенсаторы монохроматических аберраций зеркальных систем. Зеркально-линзовые системы с неафокальными компенсаторами.

Раздел 8. Классическое представление аберрационной функции и отдельные аберрации различных порядков. Полиномы Цернике

Тема 8.1. Классическое представление волновой аберрации. Отдельные аберрации различных порядков.

Волновая аберрация для фиксированной точки поля. Критерии качества изображения. Ортогональные полиномы Цернике и их свойства.Ортогональное представление волновой аберрации для фиксированной точки поля.

Раздел 9. Определение ортогональных аберраций. Методы вычисления ортогональных аберраций и определение основных аберрационных характеристик качества изображения оптических систем

Тема 9.1. Определение четырехмерных ортогональных полиномов в области поле зрения-светосила.

Свойства четырехмерных ортогональных полиномов и их связь со специальными функциями. Определение ортогональных аберраций. Структура ортогональных аберраций и связь между классическими и ортогональными аберрациями. Классификация аберраций. Методы вычисления аберрационных коэффициентов ортогональных аберраций.

Раздел 10. Основные свойства ортогональных аберраций. Методы определения коррекционных возможностей оптических систем

Тема 10.1. Влияние изменения конструктивных параметров оптических систем на изменение аберраций различных порядков

Фундаментальное свойство ортогональных аберраций высших порядков - малая зависимость (инвариантность) от изменения конструктивных параметров оптической системы.

Раздел 11. Определение предельно достижимых аберрационных характеристик исследуемых оптических систем. Основные принципы построения баз знаний по оптическим системам

Тема 11.1. Условия образования идеального изображения

Свойства аберрационного функционала оптической системы в зависимости от изменения формы области угловое поле зрения - светосила при сохранении постоянства объема области.

Раздел 12. Локальная ограниченность программ оптимизации оптических систем и использование ортогональных аберраций при создании новых глобальных методов оптимизации

Тема 12.1. Использование ортогональных аберраций при создании новых глобальных методов оптимизации оптических систем.

Правила построения оценочных функций (merit function) про реализации программ глобальной оптимизации

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, 9 семестр.

Промежуточная аттестация: Зачет с оценкой, 10 семестр.

Промежуточная аттестация: Курсовая работа, 10 семестр.

7. Оценочные материалы текущего контроля

8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

9 семестр, Экзамен

Контролируемые ИДК: ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3

Вопросы/Задания:

1. Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (зачет с оценкой) в 9-м семестре

1.Анализ процесса проектирования оптических систем. Этапы процесса проектирования.

2. Техническое задание и основные технические требования на проектирование оптических систем.

3. Основные подходы построения (синтеза) предварительной (исходной) оптической схемы.

4. Основные этапы синтеза оптических систем, основанного на использовании аналитических методов (гауссова оптика, теория аберраций 3 порядка).

5. Этап 1 синтеза – построение тонкокомпонентной модели исходной оптической системы.

6. Математическая модель, используемая на первом этапе синтеза - матричные методы параксиальной оптики.

7. Математическая модель, используемая на первом этапе синтеза - скобки Гаусса.

8. Построение тонкокомпонентной габаритной схемы тепловизионного объектива с дискретным изменением фокусного расстояния.

9. Упрощенная методика синтеза оптических систем.

10. Критерии рациональности построения габаритной схемы.

11. Этап 2 синтеза ОС - Определение требований к аберрационной коррекции отдельных компонентов.

12. Определение интегральной характеристики качества изображения, создаваемого оптической системой.

13. Развитие теории модифицированных основных параметров.

14. Представление интегральной характеристики качества изображения через суммы Зейделя.

15. Предельно достижимая коррекция в области аберраций третьего порядка для используемой габаритной схемы.

16. Развитие теории модифицированных основных параметров.

17. Критерии оптимального распределения требований к аберрационной коррекции отдельных компонентов.

18. Условие простоты отдельных компонентов при реализации этапа 2 синтеза.

19. Этап 3 синтеза – построение различных типов отдельных компонентов. Основные соотношения (математическая модель).

20. Построение однолинзового компонента

21. Построение двухлинзового склеенного компонента

22. Построение трехлинзового склеенного компонента..

23. Построение двухлинзового расклеенного компонента.

23. Этап 4 синтеза - переход к компонентам с конечными толщинами и сборка оптической системы.

24. Автоматизированный выбор марок стекол.

25. Построение ахроматизированного ландшафтного объектива.

26. Упрощенная методика композиции оптических систем.

10 семестр, Зачет с оценкой

Контролируемые ИДК: ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3

Вопросы/Задания:

1. Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию

1. Полиномы Цернике и их применение в вычислительной оптике.

2. Структура и свойства ортогональных полиномов Цернике.

3. Коэффициент Штреля и его представление в случае малых аберраций.

4. Вид классического представления волновых аберраций. Порядок отдельной классической аберрации.

5. Ортогональность функций. Определение ортогональных полиномов в трехмерной области.

6. Ортогональное представление волновой аберрации.
7. Отдельные ортогональные аберрации и их порядок.
8. Структура отдельных ортогональных аберраций.
9. Методика вычисления коэффициентов Alkm разложения волновой аберрации по ортогональным полиномам.
Интегральная характеристика качества изображения по области поле-зрачок.
10. Средний квадрат отклонения волнового фронта (аберрационный функционал) и его представление через ортогональные аберрации.
11. Разделение вклада аберраций различных порядков в средний квадрат отклонения волнового фронта.
12. Определение степени аберрационного полинома по каждой из переменных (методика выбора наиболее значимых отдельных аберраций).
13. Влияние изменения конструктивных параметров на изменение аберраций различных порядков.
14. Влияние локальной оптимизации на аберрационные характеристики оптических систем.
15. Основные свойства ортогональных аберраций.
16. Использование ортогональных аберраций при выборе исходной схемы - прототипа для проектирования оптической системы.
17. Коэффициент подобия оптических систем по аберрационным характеристикам.
18. Новые подходы к оптимизации оптических систем на базе использования ортогональных аберраций.
19. Определение предельных значений углового поля и светосилы для различных типов оптических систем.
20. Определение предельно возможного качества изображения оптических систем различной сложности, используя базы данных оптических систем.
21. Коэффициент сложности требований технического задания на проектирование.
22. Причины локальной ограниченности программ оптимизации.

10 семестр, Курсовая работа
Контролируемые ИДК: ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
Вопросы/Задания:

1. 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

1. Полиномы Цернике и их применение в вычислительной оптике.
2. Структура и свойства ортогональных полиномов Цернике.
3. Коэффициент Штреля и его представление в случае малых аберраций.
4. Вид классического представления волновых аберраций. Порядок отдельной классической аберрации.
5. Ортогональность функций. Определение ортогональных полиномов в трехмерной области.
6. Ортогональное представление волновой аберрации.
7. Отдельные ортогональные аберрации и их порядок.
8. Структура отдельных ортогональных аберраций.
9. Методика вычисления коэффициентов Alkm разложения волновой аберрации по ортогональным полиномам.
Интегральная характеристика качества изображения по области поле-зрачок.
10. Средний квадрат отклонения волнового фронта (аберрационный функционал) и его представление через ортогональные аберрации.
11. Разделение вклада аберраций различных порядков в средний квадрат отклонения волнового фронта
12. Определение степени аберрационного полинома по каждой из переменных (методика выбора наиболее значимых отдельных аберраций).
13. Влияние изменения конструктивных параметров на изменение аберраций различных

порядков.
14. Влияние локальной оптимизации на аберрационные характеристики оптических систем.
15. Основные свойства ортогональных аберраций.
16. Использование ортогональных аберраций при выборе исходной схемы - прототипа для проектирования оптической системы.
17. Коэффициент подобия оптических систем по аберрационным характеристикам.
18. Новые подходы к оптимизации оптических систем на базе использования ортогональных аберраций.
19. Определение предельных значений углового поля и светосилы для различных типов оптических систем.
20. Определение предельно возможного качества изображения оптических систем различной сложности, используя базы данных оптических систем.
21. Коэффициент сложности требований технического задания на проектирование.
22. Причины локальной ограниченности программ оптимизации

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.

Дополнительная литература

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

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

Профессиональные базы данных

Не используются.

Ресурсы «Интернет»

1. https://opticjourn.ru/ - Оптический журнал
2. https://www.photonics.su/ - Фотоника

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.

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.