



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
16 февраля 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
«Б1.В.ДВ.02.01 ЗЕРКАЛЬНЫЕ И ЗЕРКАЛЬНО-ЛИНЗОВЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ
СИСТЕМЫ»**

Уровень высшего образования: бакалавриат

Направление подготовки: 12.03.02 Оптотехника

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

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2024

Срок получения образования: 4 года

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

Москва, 2024

Разработчики:

Заведующий кафедрой Прикладной оптики, к.н., доцент Филонов
А. С.

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 12.03.02 Опотехника, утвержденного приказом Минобрнауки от 19.02.0017 № 948

Согласование и утверждение

№	Подразделение	Ответственное лицо	ФИО	Виза	Дата, протокол (при наличии)
1	факультет Оптического приборостроен ия	Председатель ученого совета факультета	Торшина И. П.	Рассмотрено	15.02.2024, № 2/23-24

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, связанных с изучением оптических схем и аберрационных свойств зеркальных и зеркальнолинзовых оптических систем разной сложности и классов, классификацией и теорией их разработки.

Задачи изучения дисциплины:

- получение обучающимися теоретических знаний о классификации и оптических схемах, зеркальных систем, видах линзовых компенсаторов многообразии схем зеркально-линзовых оптических систем и принципах их построения в зависимости от назначения, о проектировании и синтезе этих систем, а также практические навыки по разработке зеркальных и зеркально-линзовых оптических систем.

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

Компетенции, индикаторы и результаты обучения

ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

ОПК-1.1 Применяет знания математики в инженерной практике при моделировании

Знать:

ОПК-1.1/Зн11 Основные области и специфику применения оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.

Уметь:

ОПК-1.1/Ум9 Анализировать технические требования, предъявляемые к разрабатываемой оптоэлектронике, оптическим и оптико-электронным приборам и комплексам с учетом известных экспериментальных и теоретических результатов

Владеть:

ОПК-1.1/Вл8 Расчет и проектированием типовых зеркальных и зеркально-линзовых оптических систем в соответствии с техническим заданием

ОПК-1.2 Применяет знания естественных наук в инженерной практике

Знать:

ОПК-1.2/Зн8 Основные области и специфику применения оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.

Уметь:

ОПК-1.2/Ум7 Разрабатывать и оформлять отдельные виды технической документации

Владеть:

ОПК-1.2/Вл7 Прогрессивной научно-технической информацией, на основе которой овладевать новыми подходами к решению инженерных задач по расчету и проектированию зеркальных и зеркально-линзовых систем с использованием информационных систем.

ОПК-1.3 Применяет общетехнические знания, в инженерной деятельности

Знать:

ОПК-1.3/Зн2 Принципы модульной разработки ПО для оптических систем.

Уметь:

ОПК-1.3/Ум4 Применять методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности

Владеть:

ОПК-1.3/Нв5 Владеть методами выбора физической модели реального объекта и соответствующей математической модели

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

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

Знать:

ПК-3.1/Зн5 Основные области и специфика применения оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

ПК-3.1/Зн6 Принципы конструирования оптико-электронных приборов

ПК-3.1/Зн8 Принципы построения и состав оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.

Уметь:

ПК-3.1/Ум7 Обосновывать предлагаемые решения

ПК-3.1/Ум10 Анализировать технические требования, предъявляемые к разрабатываемой оптоэлектронике, оптическим и оптикоэлектронным приборам и комплексам с учетом известных экспериментальных и теоретических результатов.

ПК-3.1/Ум11 Работать с научно-технической информацией.

Владеть:

ПК-3.1/Нв7 Расчет и проектированием типовых зеркальных и зеркальнолинзовых оптических систем в соответствии с техническим заданием

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/Зн4 Принципы построения и состав оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

ПК-3.2/Зн7 Основные области и специфику применения оптоэлектроники, оптических и оптико электронных приборов и комплексов.

ПК-3.2/Зн8 Принципы конструирования оптико-электронных приборов.

Уметь:

ПК-3.2/Ум6 Анализировать технические требования, предъявляемые к разрабатываемой оптоэлектронике, оптическим и оптико-электронным приборам и комплексам с учетом известных экспериментальных и теоретических результатов.

ПК-3.2/Ум7 Работать с научно-технической информацией.

ПК-3.2/Ум8 Обосновывать предлагаемые решения.

Владеть:

ПК-3.2/Нв8 Прогрессивной научно-технической информацией, на основе которой овладевать новыми подходами к решению инженерных задач по расчету и проектированию зеркальных и зеркально-линзовых систем с использованием информационных систем.

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/Зн4 Основные области и специфику применения оплотехники, оптических и оптико электронных приборов и комплексов.

Уметь:

ПК-3.3/Ум3 Анализировать технические требования, предъявляемые к разрабатываемой оплотехнике, оптическим и оптико-электронным приборам и комплексам с учетом известных экспериментальных и теоретических результатов.

Владеть:

ПК-3.3/Вл4 Прогрессивной научно-технической информацией, на основе которой овладевать новыми подходами к решению инженерных задач по расчету и проектированию зеркальных и зеркально-линзовых систем с использованием информационных систем.

3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.В.ДВ.02.01 «Зеркальные и зеркально-линзовые оптические системы» относится к формируемой участниками образовательных отношений части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 7.

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)
7 семестр	72	2	18	36	18	Зачет
Всего	72	2	18	36	18	

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий

(часы промежуточной аттестации не указываются)

Наименование раздела, темы	Лекционные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Промежуточные результаты, соотношенные с требованиями освоения

	Всего	Лекции	Практи	Самост	Планир обучен результ програ
Раздел 1. Преимущества и недостатки ЗСи ЗЛС, классификация. Основные оптические характеристик и схемы ЗС... Габаритный расчет и абберационный анализ одно- и двухзеркальных ЗС.	16	4	8	4	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
Тема 1.1. Оптические схемы. ЗС и классификация	8	2	4	2	
Тема 1.2. ЗС с асферической поверхностью	8	2	4	2	
Раздел 2. Афокальные, предфокальные, зафокальные двухзеркальные ЗС. Расчет апланатических ЗС со сферическими и асферическими поверхностями	24	6	12	6	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
Тема 2.1. Оптические схемы двухзеркальных систем. Прямые и реверсивные системы. Расчет.	12	4	6	2	
Тема 2.2. Расчет анаберрационных и апланатических двухзеркальных систем	12	2	6	4	
Раздел 3. Трёхзеркальные и четырёхзеркальные системы. Оптические схемы, коэффициент экранирования и особенности габаритного расчёта ЗЛС.	17	4	9	4	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
Тема 3.1. Многозеркальные системы.	9	2	5	2	
Тема 3.2. Зеркально-линзовые системы	8	2	4	2	
Раздел 4. Линзовые компенсаторы монохроматических aberrаций. зеркальных систем. Габаритный и aberrационный расчеты. Установка бленд.	15	4	7	4	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
Тема 4.1. Афокальные компенсаторы.	7,5	2	3,5	2	
Тема 4.2. Неафокальные компенсаторы	7,5	2	3,5	2	
Итого	72	18	36	18	

5.2. Содержание разделов, тем дисциплин и формы текущего контроля

Раздел 1. Преимущества и недостатки ЗСи ЗЛС, классификация. Основные оптические характеристик и схемы ЗС... Габаритный расчет и абберационный анализ одно- и двухзеркальных ЗС.

Тема 1.1. Оптические схемы. ЗС и классификация

Лекция №1.Преимущества и недостатки ЗС и ЗЛС, применение. Оптические характеристики. Расчет простых зеркальных систем.

ЛР №1.Габаритный расчет и абберационный анализ ЗС.

Тема 1.2. ЗС с асферической по- верхностью

Лекция №2. Расчет простой зеркальной системы с контротражателем.

ЛР №2. Решение задачи.

Раздел 2. Афокальные, предфокальные, зафокальные двухзеркальные ЗС. Расчет апланатическмх ЗС со сферичеками и асферическими поверхностями

Тема 2.1. Оптические схемы двухзеркаьных систем. Прямые и реверсивные системы. Расчет.

Лекция № 3. Классификации двухзеркальных систем Габаритный и абберационный расчеты двухзеркальных систем Кассегрена и Грегори дальнего и ближнего действия.

ЛР № 3. Решение задач. Расчет систем Кассегрена и Грегори дальнего действия.

ЛР № 4. Контрольная работа №1.

Тема 2.2. Расчет анабберационных и апланатических двух- зеркальных систем

Лекция № 4. Расчет двухзеркаьных анабберационных и апланатических систем с асферическими поверхностями.

ЛР № 5. Синтез апланатических зеркальных систем со сферическими и асферическими поверхностями.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Контрольная работа

Раздел 3. Трёхзеркальные и четырёхзер-кальные системы. Оптические схемы, коэффициент экранирования и особен-ности габаритного расчёта ЗЛС.

Тема 3.1. Многозеркальные системы.

Лекция № 6.Оптические схемы и коэффициент центрального экранирования в трех- и четырех- зеркальных системах.

ЛР № 6.Решение задач. Определение коэффициента центрального экранирования.

Тема 3.2. Зеркально-линзовые системы

Лекция№ 7. Классификация зер- кально-линзовых систем. Габаритный расчет.

ЛР №7. Габаритный расчет ЗЛС с компенсаторами в параллельных пучках лучей.

Раздел 4. Линзовые компенсаторы монохроматических аберраций. зеркальных систем. Габритный и аберрационный расчеты. Установка бленд.

Тема 4.1. Афокальные компенсаторы.

Лекция № 7. Виды компенсаторов. Расчет зеркальных систем с компенсаторами в параллельных пучках лучей.

ЛР № 8. Расчет системы типа Кассегрена с компенсатором в параллельных пучках лучей.

Тема 4.2. Неафокальные компенсаторы

Лекция № 8. Расчет зеркальнолинзовых систем с компенсаторами в сходящихся пучках лучей.

ЛР № 9. Расчет двухзеркальной системы с компенсатором в сходящихся пучках лучей.

ЛР №10. Контрольная работа №2

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, 7 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 2. Афокальные, предфокальные, зафокальные двухзеркальные ЗС. Расчет апланатических ЗС со сферическими и асферическими поверхностями

Контролируемые ИДК: ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3 ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3

Тема 2.2. Расчет анаберрационных и апланатических двух- зеркальных систем

Форма контроля/оценочное средство: Контрольная работа

8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

1. ПК-3

1. Преимущества и недостатки зеркальных и зеркально-линзовых систем по сравнению с линзовыми ОС.
2. Центральное экранирование и его влияние на распределение освещенности в дифракционном изображении точки и на предел разрешения. Привести соответствующий график.
3. Рекомендуемые значения коэффициента центрального экранирования.
4. Эффективное относительное отверстие, его физический смысл. Привести пример.
5. Сравнить сферическую aberrацию третьего порядка сферического вогнутого зеркала и бесконечно тонкой линзы, рассчитанной на минимум сферической aberrации третьего порядка
6. В каком случае и почему сферическое зеркало не вносит полевые aberrации, кроме кривизны поля? Привести оптическую схему такой системы и ее название. Когда она впервые и кем была разработана?
7. Докажите, что параболическое зеркало является анаберрационным. Привести точный вывод.
8. Приведите оптические схемы объективов телескопа Зукхуса, телескопа Ломоносова и Гершеля. Какие преимущества они имеют?
9. Перечислите и назовите классические двухзеркальные системы, не вносящие сферической aberrации. Когда они были разработаны? Приведите их оптические схемы, покажите фокусные расстояния и объясните, почему каждое зеркало имеет определенную форму поверхности.
10. Приведите оптическую схему объектива Несмита. Где он применяется?
11. Классификация двухзеркальных систем. Приведите оптические схемы предфокальных, зафокальных и афокальных систем.
12. Какие двухзеркальные системы относят к «прямым» и «обратным», или «обращенным», «реверсивным»? Приведите их оптические схемы. Как определяется коэффициент экранирования в обратной схеме Кассегрена? Показать на оптической схеме и написать формулу.
13. Приведите прямую и обращенную схему типа Грегори и объясните, как в каждой системе определяют коэффициент центрального экранирования.
14. Какие зеркальные системы чаще всего применяют в приборах дистанционного зондирования?
15. Приведите оптическую схему системы типа Кассегрена, формирующую изображение предмета, расположенного на конечном расстоянии, с ходом апертурного луча и выведите формулу центрального экранирования.
16. Приведите оптические схемы двухзеркальных систем разных конструкций. Когда предмет расположен в бесконечности и на конечном расстоянии и объясните, какую форму имеет каждое зеркало для анаберрационной системы и как определить эксцентриситет, если габаритный расчет выполнен?
17. Зачем при расчете поверхностей зеркал используют формирования точечного изображения?
18. Как условие рассчитать апланатические двухзеркальные системы с асферическими поверхностями? Какую форму имеют зеркала в апланатической системе типа Кассегрена?
19. Приведите оптическую схему двухзеркальной апланатической системы со сферическими поверхностями в случае предмета бесконечности.
20. Приведите оптическую схему системы Шмидта и расскажите о ее особенностях и исправлении aberrаций.
21. Перечислите и нарисуйте оптические схемы линзовых ахроматических компенсаторов монохроматических aberrаций. Какими aberrационными свойствами они обладают? Почему они являются апохроматами.

22. Приведите оптическую схему ЗЛС с компенсатором Максудова. Какие свойства имеет компенсатор Максудова?
23. Нарисуйте двухзеркальную систему с линзовыми компенсаторами, в которой исправлены все 5 монохроматических аберраций.
24. Что собой представляет линза Пиацци-Смита и где она применяется?
25. Перечислите и приведите оптические схемы компенсаторов монохроматических аберраций.
26. Понятие о неафокальных компенсаторах аберраций зеркальных систем.
27. Как рассчитать систему типа Кассегрена, чтобы она не вносила кривизну поля?
28. С какой целью усложняют двухзеркальный объектив и переходят к трехзеркальным и даже четырехзеркальным системам?

9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Запрягаева Л.А. Расчет и проектирование оптических систем: Учебник для вузов / Л.А. Запрягаева, И.С. Свешникова. - Издательство Логос, 2000. - 584 - 5-88439-143-9. - Текст: непосредственный.
2. Запрягаева Л.А. Расчет и проектирование оптических систем: Учебник для вузов в 2-х частях. Часть 1. / Л.А. Запрягаева, И.С. Свешникова. - 2- издание исправленное и дополненное. - МИИГАиК, 2009. - 350 - 978-5-91188-017-0. - Текст: непосредственный.
3. Запрягаева Л.А. Расчет и проектирование оптических систем: Учебник для вузов в 2-х частях. Часть 2. / Л.А. Запрягаева, И.С. Свешникова. - 2-е издание исправленное и дополненное. - МИИГАиК, 2009. - 258 - 978-5-91188-018-7. - Текст: непосредственный.

Дополнительная литература

1. Лазарев Л.П. Оптико-электронные приборы наведения: учебник для техн. вузов / Л.П. Лазарев. - 5-е изд., перераб. и доп. - Машиностроение, 1989. - 509 - 5-217-00362-6. - Текст: непосредственный.
2. Максудов Д.Д. Астрономическая оптика. / Д.Д. Максудов. - 2- изд. - Недра, 1979. - 395 - Текст: непосредственный.
3. Межерис Р. Лазерное дистанционное зондирование: Пер. с англ. И.Г. Городецкого, В.В. Филюшкина, А.Б. Карасева. / Р. Межерис. - Мир, 1987. - 550 - Текст: непосредственный.
4. Савиных В.П. Оптико-электронные системы дистанционного зондирования: Учеб. для вузов / В.П. Савиных, В.А. Соломатин. - Издательство Недра, 1995. - 315 - 5-247-03504-6. - Текст: непосредственный.

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

Профессиональные базы данных

Не используются.

Ресурсы «Интернет»

1. <http://www.complexdoc.ru/> - Электронный фонд правовых и нормативно технических документов

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.