



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
18 апреля 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
«Б1.В.ДВ.07.02 АСФЕРИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ В ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ»**

Уровень высшего образования: бакалавриат

Направление подготовки: 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии

Направленность(профиль) подготовки: Лазерная техника и лазерные технологии

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2025

Срок получения образования: 4 года

Объем:
в зачетных единицах: 3 з.е.
в академических часах: 108 ак.ч.

Москва, 2025

Разработчики:

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

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии, утвержденного приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 951

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, связанных с изучением аберрационных свойств асферических поверхностей и теорией проектирования, с их использованием в линзовых, зеркальных и зеркально-линзовых оптических системах с целью разработки компактных и светосильных или широкоугольных систем.

Задачи изучения дисциплины:

- получение обучающимися теоретических знаний по теории аберраций асферических линзовых и зеркальных поверхностей, их корректной установке в оптической системе, практических навыков по габаритному и аберрационному расчетам ОС с такими поверхностями и основам проектирования..

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

Компетенции, индикаторы и результаты обучения

ПК-4 ПК-4. Способен к анализу технического задания на проектирование типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем

ПК-4.1 ПК-4.1. Разрабатывает функциональные и структурные схемы лазерной техники, определяет физические принципы действия устройств в соответствии с техническими требованиями с использованием теоретических методов и программных средств проектирования и конструирования

Знать:

ПК-4.1/Зн22 Принципы построения и состав оптических и оптико-электронных приборов и комплексов Принципы конструирования оптико-электронных приборов Государственные и отраслевые стандарты, стандарты организации Особенности конструирования деталей

Уметь:

ПК-4.1/Ум20 Работать с научно-технической информацией. Анализировать предъявляемые технические требования к параметрам разрабатываемой ОС с асферическими поверхностями в составе оптико-электронного прибора с учетом известных экспериментальных и теоретических результатов

Владеть:

ПК-4.1/Нв18 Основами и принципами построения оптико-электронных приборов, в состав которых входят оптические системы со сферическими и асферическими поверхностями Умением формирования технических требований на проектирование оптических систем оптических и оптико-электронных приборов

ПК-4.2 ПК-4.2. Рассчитывает, визуализирует и моделирует действие оптических элементов и систем лазерной техники с использованием специализированного программного обеспечения и анализирует результаты расчета

Знать:

ПК-4.2/Зн23 Принципы построения и состав оптических и оптико-электронных приборов и комплексов Принципы конструирования оптико-электронных приборов Основы проектирования, конструирования и производства оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

Уметь:

ПК-4.2/Ум20 Представлять информацию в систематизированном виде Разрабатывать конструкторскую документацию Рассчитывать, проектировать и конструировать в соответствии с техническим заданием типовые системы, приборы, детали и узлы оплотехники на схемотехническом и элементном уровнях
Владеть:

ПК-4.2/Нв17 Умением корректирования и обоснования технического задания при разработке отдельных блоков и узлов приборов оплотехники с соблюдением задаваемых характеристик. Рассчитывать в соответствии с техническим заданием типовые оптические системы с асферическими поверхностями

3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.В.ДВ.07.02 «Асферические поверхности в оптических системах» 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	108	3	17	34	57	Зачет с оценкой
Всего	108	3	17	34	57	

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, соответствующие результатам освоения программы

Раздел 1. Исторически первые асферические поверхности (АП) и системы с ними. Общие характеристики и свойства АП и особенности расчета,	48	8	16	24	ПК-4.1 ПК-4.2
Тема 1.1. Исторически первые анаберрационные поверхности и системы. Форма поверхностей и уравнения профилей.	24	4	8	12	
Тема 1.2. Поверхности высших порядков: Свойства и задание уравнений поверхностей для расчета на компьютере	24	4	8	12	
Раздел 2. Анаберрационные поверхности и системы. Расчет анаберрационных линз. Анаберрационные линзы без параксиальной области	20	3	6	11	ПК-4.1 ПК-4.2
Тема 2.3. Анаберрационные и анастигматические поверхности и системы.	20	3	6	11	
Раздел 3. Теория aberrаций оптических систем с АП. Перенос деформации с одной поверхности на другую. Апланатические двухзеркальные системы: оптические схемы и расчет	20	3	6	11	ПК-4.1 ПК-4.2
Тема 3.4. Теория aberrаций III-го порядка ОС с асферическими поверхностями	20	3	6	11	
Раздел 4. Расчет линз конечной толщины. Методы расчета систем с АП. Исправление aberrаций высших порядков	20	3	6	11	ПК-4.1 ПК-4.2
Тема 4.5. Методы расчета ОС с АП: сравнительный анализ	20	3	6	11	
Итого	108	17	34	57	

5.2. Содержание разделов, тем дисциплин и формы текущего контроля

Раздел 1. Исторически первые асферические поверхности (АП) и системы с ними. Общие характеристики и свойства АП и особенности расчета,

Тема 1.1. Исторически первые анаберрационные поверхности и системы. Форма поверхностей и уравнения профилей.

ЛР № 1 Введение. Наиболее эффективное и целесообразное применение АП. Предпочтительные формы поверхностей. Виды уравнений
Практическое занятие №1. Запись уравнений профиля и определение его элементов и обратная задача Расчет характеристик АП. второго порядка. Свойства. линзовых систем с АП.

Тема 1.2. Поверхности высших порядков: Свойства и задание уравнений поверхностей для расчета на компьютере

ЛР №2 Общие свойства асферических поверхностей Условие точечного изображения Уравнение овала Декарта его универсальность
Практическое занятие № 2. Определение коэффициентов деформации отдельной поверхности и линз конденсоров Аберрации параболоидной поверхности

Раздел 2. Анаберрационные поверхности и системы. Расчет анаберрационных линз. Анаберрационные линзы без параксиальной области

Тема 2.3. Анаберрационные и анастигматические поверхности и системы.

ЛР № 3. Анаберрационные преломляющие и отражающие поверхности и системы. Определение геометрических характеристик. Отступление от условия синусов
Практическое занятие № 3
Расчет линз Декарта. Расчет симметричной системы из двух сфероэллипсоидных линз.
Практическое занятие № 4
Расчет анаберрационных зеркальных систем

Раздел 3. Раздел 3. Теория аберраций оптических систем с АП. Перенос деформации с одной поверхности на другую. Апланатические двухзеркальные системы: оптические схемы и расчет

Тема 3.4. Теория аберраций III-го порядка ОС с асферическими поверхностями

ЛР №4. Анализ и применение сумм Зейделя к расчету систем с АП. Теория расчета двухзеркальных апланатических систем.
Практическое занятие № 5.
Определение коэффициентов деформации и эксцентриситетов в линзовых системах.
Практическое занятие № 6.
Расчет двухзеркальных апланатических систем с АП.
Практическое занятие № 7.
Расчет анастигматических систем с асферическими поверхностями.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Просмотр выполненных работ

Раздел 4. Расчет линз конечной толщины. Методы расчета систем с АП. Исправление аберраций высших порядков

Тема 4.5. Методы расчета ОС с АП: сравнительный анализ

ЛРН № 7.

Расчет линз с АП конечной толщины при условии исправления 4-х аберраций

Методы расчета

Практическое занятие №8.

Расчет линз конечной толщины с одной и двумя асферическими поверхностями

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Просмотр выполненных работ

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 с оценкой, 7 семестр.

7. Оценочные материалы текущего контроля

Раздел 3. Теория аберраций оптических систем с АП. Перенос деформации с одной поверхности на другую. Апланатические двухзеркальные системы: оптические схемы и расчет

Контролируемые ИДК: ПК-4.1 ПК-4.2

Тема 3.4. Теория аберраций III-го порядка ОС с асферическими поверхностями

Форма контроля/оценочное средство: Просмотр выполненных работ

Вопросы/Задания:

1. Перенос деформации с одной поверхности на другую

Раздел 4. Расчет линз конечной толщины. Методы расчета систем с АП. Исправление аберраций высших порядков

Контролируемые ИДК: ПК-4.1 ПК-4.2

Тема 4.5. Методы расчета ОС с АП: сравнительный анализ

Форма контроля/оценочное средство: Просмотр выполненных работ

Вопросы/Задания:

1. Исправление аберраций высших порядков введением асферических поверхностей

8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

Вопросы/Задания:

1. Способен к анализу технического задания на проектирование типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем

1. Когда и каким учёным были впервые предложены и рассчитаны первые анаберрационные поверхности? Почему до сих пор они применяются достаточно редко? Когда впервые были разработаны классические двухзеркальные системы?

2. Привести примеры наиболее эффективного и целесообразного применения асферических поверхностей в ОС.

3. Преимущества и недостатки асферических поверхностей по сравнению со сферическими.

4. Виды поверхностей, применяемых в ОС.

5. Условие образования точечного изображения, его физический смысл, применение при расчете систем с АП. Привести пример

6. Условие образования точечного изображения. Записать его для вывода уравнения овала Декарта, приведя рисунок и показав все отрезки, необходимые для вывода. Перечислить виды уравнений профиля поверхностей, которые можно получить из уравнения овала Декарта, записав граничные условия

7. Число свободных параметров и преимущества АП по сравнению со сферическими поверхностями. АП высших порядков и их применение в ОС

8. Число коррекционных параметров асферической поверхности высших порядков и возможности исправления аберраций

9. Общие характеристики АП (вершинный радиус кривизны, меридиональный и сагиттальный радиусы кривизны, коэффициент деформации, отступление от вершинной сферы, уравнение профиля) и их определение

10. Вершинный радиус кривизны АП и его определение для отдельных линз с АП и для отдельного зеркала

11. Меридиональный и сагиттальный радиусы кривизны АП: показать на рисунке,

12. Коэффициенты деформации поверхности: понятие, определение коэффициентов деформации b_v , c_v , d_v для АП второго порядка (вывод).

13. Уравнения профиля АП высших порядков; их применение для задания АП разной формы.

14. Анаберрационные поверхности: дать определение, привести примеры. Величины углового (или линейного) поля этих поверхностей. Определение величины поля из условия получения заданного значения меридиональной комы.

15. Является ли анаберрационной преломляющая параболоидная поверхность? Как это можно доказать?

16. Как доказать, что параболоидная преломляющая поверхность вносит сферическую аберрацию ($s_1 = -\infty$), не выполняя аберрационный анализ.

17. Отступление от условия синусов для анаберрационных преломляющих поверхностей: вывод. Определение величины меридиональной комы при небольшом угловом поле

18. Как можно вывести зависимость вершинного радиуса кривизны r_0 АП второго порядка от величин a и b полуосей

19. Вершинный радиус кривизны АП и его определение для преломляющей и отражающей поверхностей для второй поверхности плоскогиперболоидной линзы.

20. Показать, как можно определить фокусное расстояние в области действительных лучей, используя рисунок.

21. Методы расчёта ОС с АП: сущность каждого метода и сравнительный анализ.

22. Почему анаберрационные линзы имеют малое угловое поле? Подробно объяснить и доказать на примере плоскогиперболоидной линзы.

23. Условие анастигматичности для преломляющих и отражающих асферических поверхностей при $s_1 = -\infty$: применение этих поверхностей

24. Анаберрационные поверхности и линзы, не имеющие параксиальной области. Применение

этих линз.

25.Отступление от условия синусов для отражающей поверхности в случае предмета на конечном расстоянии

26.Метод расчета систем с АП, основанный на применении теории aberrаций третьего порядка. Виды оптических систем, для расчета которых целесообразно применять этот метод. Его преимущества и недостатки

27.Вывод уравнения профиля анаберрационной преломляющей поверхности из условия формирования точечного изображения при $s_1 = -\infty$, методика определения геометрических характеристик и формы поверхности. На рисунках привести профили этих поверхностей с указанием геометрических характеристик

28.Виды уравнений профиля АП, их применение для задания профиля АП разного вида. Почему нельзя применять уравнение одного вида?

29.Уравнения профиля АП при масштабировании оптической системы. Рассмотреть два вида уравнений

30.Планоидная поверхность и её применение: привести оптические схемы ОС с преломляющей и отражающей планоидной поверхностью. Как можно определить уравнение планоида?

31.На рисунке представить линзу значительной толщины с двумя асферическими поверхностями и показать ход апертурного луча. Число коррекционных параметров и aberrации, исправляемые в ней. Записать исходные уравнения, из которых определяются расчётные соотношения. Какую форму имеет каждая поверхность? Какие оптические характеристики имеет данная линза? Привести примерные значения

32.Методика определения анастигматических выходных зрачков в преломляющих АП второго порядка: записать исходные условия для определения условия анастигматичности и объяснить, как оно используется в дальнейшем выводе. Где находятся выходные зрачки в АП второго порядка. Привести примеры анастигматических линз. Где они используются

33.На рисунке приведите оптическую схему апланатической системы Шварцшильда. Какие aberrации в ней исправлены? Какие исходные условия были записаны для её расчёта? Какую форму имеют зеркала в данной ОС?

34.Методика определения геометрических характеристик отражающих анаберрационных поверхностей в случае близко расположенного предмета. Привести рисунки для разных профилей этих поверхностей, показать ход апертурного луча, геометрические характеристики.

35.Вывести уравнение профиля анаберрационной отражающей поверхности при $s_1 = -\infty$, используя условие точечного изображения. Как можно доказать, что эта поверхность не является апланатической. условия анастигматичности для отражающих асферических поверхностей

второго порядка. Его использование при разработке зеркально-линзовых систем.

36.Особенности расчета линзы значительной толщины с одной асферической поверхностью (привести рисунок) при условии исправления четырех монохроматических aberrаций третьего порядка: особенности расчета, записать исходные aberrационные уравнения, из которых выводятся

9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Запрягаева Л.А. Прикладная оптика. Часть 1. Введение в теорию оптических систем: Учебное пособие для вузов. / Л.А. Запрягаева. - МИИГАиК, 2017. - 112 - Текст: непосредственный.

Дополнительная литература

1. Можаров Г. А. Габаритный и абберационный расчет оптических систем: учебное пособие для вузов / Г. А. Можаров. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 164 с. - 978-5-507-44814-2. - Текст: электронный // Издательство Лань: [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/266669> - Режим доступа: по подписке

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 нормативнотехнических документов
2. http://modtran.spectral.com/modtran_home - MODTRAN® Web App
3. https://www.spectralcalc.com/blackbody_calculator/blackbody.php - Blackbody Calculator.
4. <https://www.spectraplot.com/blackbody> - Blackbody Emission Simulator.
5. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека КиберЛенинка, построенная на парадигме открытой науки (Open Science).
6. <https://www.iprbookshop.ru/> - Электронно-библиотечная система "IPRbooks"
7. <https://sdo.miigaik.ru/> - Система дистанционного обучения Московского государственного университета геодезии и картографии
8. <https://www.iprbookshop.ru/> - Электронно-библиотечная система "IPRbooks"
9. <https://lib.mii.gov.ru/> - ИРБИС64 электронная библиотека

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) - 8 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.