

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АСТРОФИЗИКИ И ЗВЕЗДНОЙ АСТРОНОМИИ

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета
МГУ
_____ / Н.Н. Сысоев /
«__» _____ 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Астрономическая оптика

Уровень высшего образования:

Специалитет

Направление подготовки:

03.05.01 Астрономия

Направленность (профиль) ОПОП:

Общая специальность

Квалификация «Специалист»

Форма обучения: Очная форма обучения

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Ученым советом физического факультета МГУ

(протокол № _____, _____)

Москва 20__

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по специальности 03.05.01 Астрономия.

Год (годы) приема на обучение _____

Авторы–составители:

К.ф.-м.н. Потанин Сергей Александрович, доцент кафедры астрофизики и звездной астрономии физического факультета МГУ

Заведующий кафедрой

Д.ф.-м.н. профессор Постнов Константин Александрович

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Строение и эволюция звезд»

В первой части курса рассматривается теория дифракции, и теория построения изображений оптическими системами, а так же теоретические и практические аспекты связанные с аберрациями оптических систем, как с точки зрения геометрической, так и волновой оптики. Рассматриваются основные принципы компьютерного моделирования изображений получаемых в оптических системах с помощью современных высокоуровневых систем программирования. Вторая половина курса посвящена, собственно, оптическим системам, применяемым в астрономии. Наибольшее внимание уделено основному инструменту астрономии: телескопу. Рассмотрены проблемы и задачи крупногабаритного оптического производства, включая методы высокоточного контроля оптических поверхностей. Разбираются все аспекты работы как наземных так и космических телескопов в различных частотных диапазонах электромагнитных волн. Так же изучаются различные оптические приборы, используемые в качестве навесного научного оборудования на телескопах, методы получения высокого углового разрешения (звездные интерферометры различных типов и другие методы). В последней лекции повествуется о современном состоянии астрономического оборудования в мире, а так же о перспективах развития наземной и космической астрономии в нашей стране и за рубежом.

Разделы рабочей программы

- 1.** Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО).
- 2.** Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (при наличии)
- 3.** Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями
- 4.** Форма обучения.
- 5.** Язык обучения.
- 6.** Содержание дисциплины.
- 7.** Объем дисциплины
- 8.** Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий
- 9.** Текущий контроль и промежуточная аттестация.
- 10.** Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).
- 11.** Шкала оценивания.
- 12.** Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.
- 13.** Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.
- 14.** Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Астрономическая оптика» реализуется на 5-ом курсе в 9-ом семестре и является составной частью профессионального блока вариативной части.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Отсутствуют.

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-1.Б	<p>З-1 Знать: фундаментальные законы, теории дифракции электромагнитных волн.</p> <p>З-2 Знать: основные методы расчета изображений и аберраций в оптических системах</p> <p>З-3 Знать: Современное состояние и методы наблюдательной астрономии.</p> <p>У-1 Уметь: рассчитывать простые оптические системы</p> <p>У-2 Уметь: анализировать изображения звезд на предмет аберраций</p> <p>В-1 Владеть: математическим аппаратом, применяемым для расчета дифракционных изображений</p> <p>В-2 Владеть: методами расчета дифракционных картин с учетом различных аберраций</p>
ОПК-1.Б	<p>З-1 Знать: основные математические методы, используемые при решении задач, связанных с расчетом оптических систем и изображений в них</p> <p>У-1 Уметь: решать типовые задачи прикладной астрономической оптики</p>

1. **Форма обучения:** очная.

2. **Язык обучения:** русский.

3. **Содержание дисциплины**

Тема 1. Оптические системы (общие понятия)

Назначение астрономических оптических систем.

Телескоп.

Тема 2. Дифракция (часть 1)

Историческая справка.

Постановка задачи.

Решение.

Связь амплитудных и энергетических величин.

Тема 3. Дифракция (часть 2)

Дифракционная картина в дальней зоне

Разрешающая способность

Гетерохромные дифракционные картины

Влияние различных факторов на распределение энергии в дифракционной картине.

Тема 4. Аберрации оптических систем (часть 1)

Классификация аберраций 3-го порядка

Наглядное представление возникновения аберраций.

Тема 5. Аберрации оптических систем (часть 2)

Геометрические аберрации

Волновые аберрации

Влияние аберраций на дифракционную картину

Тема 6. Системы телескопов

Основные характеристики телескопа

Классификация систем телескопов (их основные особенности)

Телескопы предназначенные для работы в ультрафиолетовом и рентгеновском диапазоне частот

Тема 7. Методы контроля астрономической оптики

Для чего нужен контроль оптических поверхностей и приборов

Контроль оптических поверхностей при их изготовлении

Контроль оптической системы в сборе

Способы контроля поверхностей 2-го порядка

Контроль сложных асферических поверхностей

Тема 8. Основные телескопы мира

Экскурс в историю телескопостроения

Обзор + анализ возможностей

Астрономические результаты, полученные на этих телескопах

Тема 9. Проблемы, возникающие при наблюдениях с телескопами

Атмосфера Земли

Ошибки часового ведения

Прогиб конструкций

Деформации, вызванные изменением температурных условий

Другие помехи

Тема 10. Активная оптика

Общие понятия

Устранение ошибок ведения

Устранение изгибов конструкций

Устранение других низкочастотных помех

Тема 11. Телескопы с сегментированными зеркалами

Основные проблемы возникающие при изготовлении и эксплуатации таких телескопов.

Будущее телескопов с сегментированными зеркалами (новые проекты сверхкрупных телескопов)

Тема 12 Адаптивная оптика в астрономии

Задачи астрономической адаптивной оптики

Общие принципы работы адаптивных оптических систем

Тема 13. Детектирование общих наклонов и кривизны волнового фронта

Детекторы наклона

Детекторы кривизны

Искусственные лазерные звезды

Компенсация атмосферных искажений на большом участке поля зрения

Тема 14. Основы звездной интерферометрии

Основные типы звездных интерферометров

Задачи

Проблемы

Результаты

Тема 15. Телескоп на орбите Земли

Зачем нужно выносить телескоп за пределы Земной атмосферы

Ультрафиолетовая и рентгеновская астрономия

Внеатмосферные телескопы, работающие в оптическом диапазоне частот (телескоп имени Хаббла)

Инфракрасные внеатмосферные телескопы

Телескопы, предназначенные для исследования Солнца

Перспективы наземной и космической астрономии

7. Объем дисциплины

НАЗВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	Трудоемкость	в зачетных единицах	объем учебной нагрузки в ак. часах				
			Общая трудоемкость	в том числе ауд. занятий			Самостоятельная работа студентов
				Общая аудиторная нагрузка	Лекций	Семинаров	
Астрономическая оптика	3		108	72	36	36	36

8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Изучение курса «Астрономическая оптика» включает в себя лекции, на которых рассматривается теоретическое содержание курса; семинарские занятия, предусматривающие углубленное изучение и обсуждение вопросов, обозначенных в темах дисциплины; самостоятельную работу, заключающуюся в подготовке к лекционным и семинарским занятиям. Темы, рассматриваемые на лекциях и изучаемые самостоятельно, закрепляются на семинарских занятиях, по вопросам, вызывающим затруднения, проводятся консультации.

№ темы	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы					Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
		Всего часов	Лекции	Научно-практические занятия	Семинары	Самостоятельная работа	
1	Оптические системы (общие понятия)	6	2	-	2	2	Собеседование, опрос
2	Дифракция (часть 1)	6	2	-	2	2	
3	Дифракция (часть 2)	12	4	-	4	4	
4	Аберрации оптических систем (часть 1)	12	4	-	4	4	
5	Аберрации оптических систем (часть 2)	6	2	-	2	2	
6	Системы телескопов	6	2	-	2	2	
7	Методы контроля астрономической оптики	6	2	-	2	2	
8	Основные телескопы мира	6	2	-	2	2	
9	Проблемы возникающие при наблюдениях с телескопами	6	2	-	2	2	
10	Активная оптика	9	4	-	3	2	
11	Телескопы с сегментированными зеркалами	7	2		3	2	
12	Адаптивная оптика в астрономии	6	2		2	2	
13	Детектирование общих наклонов и кривизны волнового фронта	6	2		2	2	
14	Основы звездной интерферометрии	6	2	-	2	2	
15	Телескоп на орбите Земли	6	2	-	2	2	
	Промежуточная аттестация	2				2	Экзамен в форме письменной работы с последующим собеседованием
ИТОГО:		108	36	-	36	36	

9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Текущий контроль по дисциплине «Астрономическая оптика» осуществляется на лекциях и семинарских занятиях и заключается в оценке активности и качества участия в опросах и собеседованиях по проблемам, изучаемых в рамках тем лекционных занятий, аргументированности позиции; оценивается широта используемых теоретических знаний.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Астрономическая оптика» проводится в девятом семестре в форме письменного экзамена.

Результаты сдачи экзамена оцениваются по шкале «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

Требования к структуре и содержанию фонда оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень оценочных средств, применяемых на каждом этапе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, представлены в таблице

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
Оценочные средства текущего контроля		
Тематический опрос (в форме ответов на вопросы)	Средство контроля, организованное как специальная беседа по тематике предыдущей лекции и рассчитанное на выяснение объема и качества знаний, усвоенных обучающимися по определенному разделу, теме, проблеме.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины
Собеседование (в форме беседы, дискуссии по теме)	Средство контроля, организованное как свободная беседа, дискуссия по тематике изучаемой дисциплины, рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по всем изученным разделам, темам; свободного использования терминологии для аргументированного выражения собственной позиции.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины
Тестирование	Средство контроля, позволяющее получить оценку уровня фактических знаний студента по изученной теме.	Образцы тестов
Оценочные средства промежуточной аттестации		
Письменная работа	Средство, позволяющее оценить сформированность систематических представлений о методах научно-исследовательской деятельности.	Перечень вопросов к экзамену
Собеседование	Средство, позволяющее получить экспертную оценку знаний, умений и навыков по для оценивания и анализа различных фактов и явлений в своей профессиональной области.	Требования к порядку проведения собеседования

11. Шкала оценивания.

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения			
	2	3	4	5
ЗНАТЬ: фундаментальные законы, теории дифракции электромагнитных волн. УК-1.Б 3-1	Отсутствие знаний фундаментальных законов теории дифракции электромагнитных волн	В целом успешные, но не систематические знания фундаментальных законов теории дифракции электромагнитных волн	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знания фундаментальных законов теории дифракции электромагнитных волн	Успешные и систематические знания фундаментальных законов теории дифракции электромагнитных волн
ЗНАТЬ: основные методы расчета изображений и аберраций в оптических системах ОПК-1.Б 3-2	Отсутствие знаний или фрагментарное применение основных методов расчета изображений и аберраций в оптических системах	В целом успешное, но не систематическое применение основных методов расчета изображений и аберраций в оптических системах	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание основных методов расчета изображений и аберраций в оптических системах	Успешное и систематическое знание основных методов расчета изображений и аберраций в оптических системах
ЗНАТЬ: Современное состояние и методы наблюдательной астрономии. ОПК-1.Б 3-3	Отсутствие знаний или фрагментарное знание современного состояния и методов наблюдательной астрономии.	В целом успешное, но не систематическое знание современного состояния и методов наблюдательной астрономии.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание современного состояния и методов наблюдательной астрономии.	Успешное и систематическое знание современного состояния и методов наблюдательной астрономии.
УМЕТЬ: рассчитывать простые оптические	Отсутствие умения рассчитывать простые оптические системы	В целом успешное, но не систематическое	В целом успешное, но содержащее	Успешное и систематическое умение рассчитывать

системы УК-1.Б У-1		ое умение рассчитывать простые оптические системы	отдельные пробелы умение рассчитывать простые оптические системы	простые оптические системы
УМЕТЬ: анализировать изображения звезд на предмет аббераций ОПК-1.Б У-2	Отсутствие умения анализировать изображения звезд на предмет аббераций	В целом успешное, но не систематическ ое умение анализировать изображения звезд на предмет аббераций	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы умение анализировать изображения звезд на предмет аббераций	Успешное и систематическ ое умение анализировать изображения звезд на предмет аббераций
ВЛАДЕТЬ: математически м аппаратом, применяемым для расчета дифракционны х изображений УК-1.Б В-1	Отсутствие/фрагмента рное владение математическим аппаратом, применяемым для расчета дифракционных изображений	В целом успешное, но не систематическ ое владение математически м аппаратом, математически м аппаратом, применяемым для расчета дифракционны х изображений	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы владение математически м аппаратом, применяемым для расчета дифракционны х изображений	Успешное и систематическ ое владение математически м аппаратом, математически м аппаратом, применяемым для расчета дифракционны х изображений
ВЛАДЕТЬ: методами расчета дифракционны х картин с учетом различных аббераций УК- 1.Б В-2	Отсутствие/фрагмента рное владение методами расчета дифракционных картин с учетом различных аббераций	В целом успешное, но не систематическ ое владение методами расчета дифракционны х картин с учетом различных аббераций	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы владение методами расчета дифракционны х картин с учетом различных аббераций	Успешное и систематическ ое владение методами расчета дифракционны х картин с учетом различных аббераций

12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Пример: Объяснить различия между системами активной и адаптивной оптики в астрономии

13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Пример: Записать основные аберрации 3го порядка и указать их зависимость от апертуры и угла поля зрения.

14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

Основная литература.

1. Лебедева В.В. Экспериментальная оптика. Издательство Московского Университета 1994.
2. Ахманов С.А. Никитин С.Ю. Физическая оптика. Издательство Московского Университета 1998.
3. Михельсон Н.Н. Оптика астрономических телескопов и методы ее расчета. НАУКА 1995.
4. Terebizh V. Yu. Survey Telescope Optics SPIE PRESS 2019.
(http://www.terebizh.ru/V.YU.T/publications/2019_01.pdf)
5. Щеглов П.В. Проблемы оптической астрономии. НАУКА 1980.
6. Токовини А.А. Лекции по адаптивной оптике (http://pvd2.narod.ru/publ/ao_tut/ao_tut0.htm)

Материально-техническое обеспечение

В соответствии с требованиями п. 5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика».

Курс может быть прочитан в поточной аудитории при наличии: работающих электрических розеток, компьютера, проектора, экрана, учебной доски.