

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

УТВЕРЖДАЮ  
Декан физического факультета  
МГУ  
\_\_\_\_\_ / Н.Н. Сысоев /  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Наименование дисциплины:**

ДВОЙНЫЕ ЗВЕЗДЫ

---

**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:**

Д.ф.-м.н., доцент, Малков Олег Юрьевич, кафедра экспериментальной астрономии  
физического факультета МГУ

Заведующий кафедрой

Д.ф.-м.н., профессор, Расторгуев Алексей Сергеевич

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины «Двойные звезды»**

Двойные звезды, с одной стороны – весьма многочисленный класс объектов. С другой стороны, именно двойные звезды поставляют точные значения параметров, которые трудно или невозможно определить для одиночных звезд (массы, радиусы) и, таким образом, позволяют решить многие задачи физики и эволюции звезд. В лекционном курсе содержатся базовые знания о принципах классификации, наблюдениях, каталогах и статистических параметрах двойных, об эволюции одиночных и двойных звезд. В рамках курса студенты знакомятся с принципами наблюдения и обработки данных о визуальных, спектроскопических, затменных и др. типах двойных, получают представление о параметризации двойных систем, а также о роли двойных звезд в исследовании истории звездообразования.

### **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 «Двойные звезды» реализуется на 6-ом курсе в 11-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	<b>З-1 Знать:</b> фундаментальные законы астрофизики и звездной астрономии и их взаимосвязь <b>З-2 Знать:</b> основные понятия математической обработки данных о двойных звездах <b>У-1 Уметь:</b> строить теоретические модели широких и тесных двойных звезд, используя критический анализ данных <b>У-2 Уметь:</b> планировать и проводить экспериментальные исследования в области двойных звезд, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента <b>В-1 Владеть:</b> математическим аппаратом, применяемым в анализе данных о двойных звездах <b>В-2 Владеть:</b> методами теоретического исследования широких и тесных двойных звезд
ОПК-1.Б	<b>З-1 Знать:</b> основные математические методы, используемые при решении задач астрономии двойных звезд <b>У-1 Уметь:</b> решать типовые задачи астрофизики и звездной астрономии <b>У-2 Уметь:</b> строить математические модели широких и тесных двойных звезд <b>В-1 Владеть:</b> навыками поиска, анализа и обработки данных о двойных звездах

1. **Форма обучения:** очная.

2. **Язык обучения:** русский.

3. **Содержание дисциплины**

*Тема 1. Введение.*

Значение и причины исследования двойных систем. Двойные объекты в астрономии. Исторический обзор. Степень кратности звездных ансамблей.

*Тема 2. Типы и параметры двойных.*

Законы Кеплера. Элементы орбиты. Типы двойных. Схемы классификации.

*Тема 3. Широкие двойные.*

Визуальные двойные. Орбитальные двойные: относительные и истинные орбиты, определение элементов орбиты, вычисление эфемерид. Определение масс компонентов, эффекты селекции. Пары с общим собственным движением. Астрометрические двойные. Интерферометрические двойные.

*Тема 4. Тесные двойные.*

Спектроскопические двойные: кривая лучевых скоростей, определение элементов орбиты. Двойные с хромосферной активностью, симбиотические двойные, спектральные двойные. Затменные двойные: кривая блеска, классификация затменных двойных, эффекты селекции. Катаклизмические двойные. Вне-оптические двойные: рентгеновские двойные, радиопульсары.

*Тема 5. Определение масс компонентов.*

Эффекты селекции. Комбинированные методы определения звездных масс. Спектроскопические затменные двойные, разрешенные спектроскопические двойные. Каталоги фундаментальных звездных параметров.

*Тема 6. Статистические свойства двойных.*

Ориентация орбит, распределение по периоду, большой полуоси, эксцентриситету, отношению масс компонентов. Системы большей кратности. Проблема обозначений компонентов.

*Тема 7. Параметры звезд.*

Основные звездные характеристики. Диаграмма Герцшпрунга-Рессела.

*Тема 8. Эволюция одиночных звезд.*

Образование звезд, стадии сжатия, стадии ядерного горения, заключительные стадии.

*Тема 9. Эволюция двойных.*

Образование широких и тесных двойных, стадии ядерного горения, первый обмен, перенос массы и трансформация орбиты, наблюдательные проявления, поздние стадии.

*Тема 10. История звездообразования.*

Начальная функция масс. Функция светимости: локальная и фотометрическая функция светимости, фотометрически неразрешенные двойные. Соотношение масса-светимость: маломассивные звезды, звезды умеренных масс. Двойные системы и определение начальной функции масс звезд.

## **7. Объем дисциплины**

НАЗВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	Трудоемкость в зачетных единицах	объем учебной нагрузки в ак. часах				
		Общая трудоемкость	в том числе			Самостоятельная работа студентов
			ауд.	занятий		
			Общая аудиторная нагрузка	Лекций	Семинаров	
Двойные звезды	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 «Двойные звезды» 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	Введение	6	2	-	2	2	Собеседование, опрос
2	Типы и параметры двойных	6	2	-	2	2	
3	Широкие двойные	12	4	-	4	4	
4	Тесные двойные	12	4	-	4	4	
5	Определение масс компонентов	12	4	-	4	4	
6	Статистические свойства двойных	6	2	-	2	2	
7	Параметры звезд	10	4	-	4	2	
8	Эволюция одиночных звезд	16	6	-	6	4	

9	Эволюция двойных	16	6	-	6	4	
10	История звездообразования	6	2	-	2	2	
	Промежуточная аттестация	6				6	Экзамен в форме письменной работы с последующим собеседованием
<b>ИТОГО:</b>		<b>108</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	

## 9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Текущий контроль по дисциплине «Двойные звезды» 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 «Двойные звезды» проводится в одиннадцатом семестре в форме зачета и экзамена. Зачет в форме письменной работы, экзамен в форме письменной работы с последующим собеседованием по программе.

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
<b>Оценочные средства текущего контроля</b>		
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 аспиранта по изученной теме.	Образцы тестов
<b>Оценочные средства промежуточной аттестации</b>		
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 астрофизики и звездной астрономии и их взаимосвязь УК-1.Б 3-1	Отсутствие знаний фундаментальных законов астрофизики и звездной астрономии и их взаимосвязей	В целом успешные, но не систематические знания фундаментальных законов астрофизики и звездной астрономии и их взаимосвязей	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знания фундаментальных законов астрофизики и звездной астрономии и их взаимосвязей	Успешные и систематические знания фундаментальных законов астрофизики и звездной астрономии и их взаимосвязей
ЗНАТЬ: основные понятия математической обработки данных о двойных звездах УК-1.Б 3-2	Отсутствие знаний или фрагментарное знание основных понятий математической обработки данных о двойных звездах	В целом успешное, но не систематическое знание основных понятий математической обработки данных о двойных звездах	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание основных понятий математической обработки данных о двойных звездах	Успешное и систематическое знание основных понятий математической обработки данных о двойных звездах
ЗНАТЬ:	Отсутствие	В целом	В	Успешное и



основные математические методы, используемые при решении задач астрономии двойных звезд ОПК-1.Б 3-1	знаний или фрагментарное применение основных математических методов, используемых при решении задач астрономии двойных звезд	успешное, но не систематическое применение основных математических методов, используемых при решении задач астрономии двойных звезд	целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы знание основных математических методов, используемых при решении задач астрономии двойных звезд	систематическое знание основных математических методов, используемых при решении задач астрономии двойных звезд
УМЕТЬ: строить теоретические модели широких и тесных двойных звезд, используя критический анализ данных УК-1.Б У-1	Отсутствие умения строить теоретические модели широких и тесных двойных звезд, используя критический анализ данных	В целом успешное, но не систематическое умение строить теоретические модели широких и тесных двойных звезд, используя критический анализ данных	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы умение строить теоретические модели широких и тесных двойных звезд, используя критический анализ данных	Успешное и систематическое умение строить теоретические модели широких и тесных двойных звезд, используя критический анализ данных
УМЕТЬ: планировать и проводить экспериментальные исследования в области двойных звезд, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента УК-1.Б У-2	Отсутствие умения планировать и проводить экспериментальные исследования в области двойных звезд, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента	В целом успешное, но не систематическое умение планировать и проводить экспериментальные исследования в области двойных звезд, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы умение планировать и проводить экспериментальные исследования в области двойных звезд, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента	Успешное и систематическое планировать и проводить экспериментальные исследования в области двойных звезд, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента

			эксперимента	
УМЕТЬ: решать типовые задачи астрофизики и звездной астрономии ОПК-1.Б У-1	Отсутствие умения решать типовые задачи астрофизики и звездной астрономии	В целом успешное, но не систематическо е умение решать типовые задачи астрофизики и звездной астрономии	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы умение решать типовые задачи астрофизики и звездной астрономии	Успешное и систематическое умение решать типовые задачи астрофизики и звездной астрономии
УМЕТЬ: строить математическ ие модели широких и тесных двойных звезд ОПК-1.Б У-2	Отсутствие умения строить математические модели широких и тесных двойных звезд	В целом успешное, но не систематическо е умение строить математически е модели широких и тесных двойных звезд	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы умение строить математически е модели широких и тесных двойных звезд	Успешное и систематическое умение строить математические модели широких и тесных двойных звезд
ВЛАДЕТЬ: математическ им аппаратом, применяемым в анализе данных о двойных звездах УК-1.Б В-1	Отсутствие/фраг ментарное владение математическим аппаратом, применяемым в анализе данных о двойных звездах	В целом успешное, но не систематическо е владение математически м аппаратом, применяемым в анализе данных о двойных звездах	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы владение математически м аппаратом, применяемым в анализе данных о двойных звездах	Успешное и систематическое владение математическим аппаратом, применяемым в анализе данных о двойных звездах
ВЛАДЕТЬ: методами теоретическог о исследования широких и тесных двойных звезд УК-1.Б В-2	Отсутствие/фраг ментарное владение методами теоретического исследования широких и тесных двойных звезд	В целом успешное, но не систематическо е владение методами теоретического исследования широких и тесных двойных звезд	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы владение методами теоретического исследования широких и тесных двойных звезд	Успешное и систематическое владение методами теоретического исследования широких и тесных двойных звезд
ВЛАДЕТЬ: навыками	Отсутствие/фраг ментарное	В целом успешное, но	В целом успешно	Успешное и систематическое

поиска, анализа и обработки данных о двойных звездах ОПК-1.Б В-1	владение навыками поиска, анализа и обработки данных о двойных звездах	не систематическое владение навыками поиска, анализа и обработки данных о двойных звездах	е, но содержащее отдельные пробелы владения навыками поиска, анализа и обработки данных о двойных звездах	владение навыками поиска, анализа и обработки данных о двойных звездах
--	--	---	---	--

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

### *Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся*

Задачи можно найти по адресу: <ftp://pubftp.inasan.ru/pub/malkov/BINARIES>

**Пример:** Вычислить степень кратности заданного звездного ансамбля

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

### *Материалы промежуточной аттестации обучающихся*

Вопросы к экзамену и зачету можно найти по адресу:  
<ftp://pubftp.inasan.ru/pub/malkov/BINARIES>

**Пример:** Типы двойных систем, для которых возможно вычисление динамических масс компонентов.

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

### Основная литература.

1. А.Бэттен "Двойные и кратные звезды", М., Мир, 1976.
2. Aitken R.G. "The binary stars". Dover Publications, Inc., New York, 1964.
3. Kopal Z. "Dynamics of close binary systems", D. Reidel Publishing Company, 1978.
4. de Loore C.W.H., Doom C. "Structure and evolution of single and binary stars", Kluwer Academic Publishers, 1992.
5. А.Г.Масевич, А.В.Тутуков "Эволюция звезд: теория и наблюдения", М., Наука, 1988.

### Дополнительная литература.

1. П.Куто "Наблюдения визуально-двойных звезд", М., Мир, 1981.
2. В.М.Липунов "В мире двойных звезд", М., Наука, 1986.
3. Kallrath J., Milone E.F. "Eclipsing binary stars. Modeling and analysis". Springer, 1999.

### Интернет-ресурсы.

1. <ftp://pubftp.inasan.ru/pub/malkov/BINARIES>

### **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.