

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

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Наименование дисциплины:**  
**ЗВЁЗДНЫЕ СКОПЛЕНИЯ**

---

**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 Глушкова Елена Вячеславовна, кафедра астрофизики и звёздной астрономии физического факультета МГУ

Заведующий кафедрой

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

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины «Звёздные скопления»**

Изучение структуры, кинематики и эволюции Галактики с помощью подсистем шаровых и рассеянных звёздных скоплений – одна из наиболее популярных тем в галактической астрономии. Спецкурс посвящен, в основном, методам исследования скоплений нашей Галактики, но даёт также общее представление о современном состоянии в изучении внегалактических звёздных скоплений, сходстве и различии подсистем внегалактических скоплений и скоплений Млечного Пути. Первый основной раздел курса — это исследование подсистемы рассеянных звёздных скоплений, с помощью которой затем изучаются особенности строения, движения, химической и динамической эволюции галактического диска, а также процессы звёздообразования в нём. Второй основной раздел — это исследование подсистемы шаровых звёздных скоплений, а вместе с ней сферической подсистемы Галактики. Спецкурс содержит обширный фактический материал, охватывающий как данные непосредственных наблюдений, так и результаты работы с большими всенебесными обзорами.

### **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 «Звездные скопления» реализуется на 4-ом курсе в 7-ом семестре и является составной частью профессионального блока вариативной части.

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

Успешное освоение обязательных дисциплин: «Галактическая астрономия» (4 семестр), «Общая астрофизика» (5 и 6 семестры).

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

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

<b>Формируемые компетенции (код компетенции)</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>
УК-1.Б	<p><b>3-1 Знать:</b> фундаментальные законы эволюции звезд, звездных скоплений, Галактики.</p> <p><b>3-2 Знать:</b> основные понятия математической обработки астрономических данных</p> <p><b>У-1 Уметь:</b> строить теоретические модели звездных систем, используя критический анализ данных</p> <p><b>У-2 Уметь:</b> планировать астрофизические наблюдения, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе наблюдений</p> <p><b>В-1 Владеть:</b> математическим аппаратом, применяемым в астрофизике</p> <p><b>В-2 Владеть:</b> методами теоретического исследования явлений и процессов в астрофизике</p>
ОПК-1.Б	<p><b>3-1 Знать:</b> основные математические методы, используемые при решении астрономических задач</p> <p><b>У-1 Уметь:</b> решать типовые астрономические задачи</p> <p><b>У-2 Уметь:</b> строить математические модели строения и эволюции звездных скоплений</p> <p><b>В-1 Владеть:</b> навыками проведения астрономических наблюдений</p>

- 1. Форма обучения:** очная.
- 2. Язык обучения:** русский.
- 3. Содержание дисциплины**

### *Тема 1. Введение*

Понятие звёздного скопления. Сходство и различие рассеянных и шаровых скоплений Галактики. Основные характеристики скоплений. Базы данных и каталоги параметров скоплений. Основные проекты массового исследования скоплений.

## *Тема 2. Поиск и открытие новых скоплений.*

Оценки полного числа скоплений в Галактике. Большие всенебесные обзоры. Методы поиска новых скоплений. Методы проверки реальности найденных концентраций звёзд как физически связанных групп. Результаты поиска новых скоплений по большим обзорам.

## *Тема 3. Внегалактические скопления*

Система скоплений в БМО, ММО, М31. Сходство и различие этих систем с рассеянными и шаровыми скоплениями Галактики. Подсистемы звёздных скоплений в других галактиках.

## *Тема 4. Рассеянные звездные скопления*

Распределение рассеянных звездных скоплений (РЗС) в Галактике. Кинематические и физические характеристики РЗС. Какие астрофизические задачи решаются с помощью рассеянных скоплений.

Диаграммы "цвет-величина" и двухцветные диаграммы звезд рассеянных скоплений. Влияние металличности и эволюции звёзд на вид этих диаграмм. Определение начальной главной последовательности.

Абсолютные и относительные методы определения расстояния до РЗС. Метод совмещения главной последовательности скопления с НГП на диаграммах «цвет-величина». Цефеиды в рассеянных скоплениях. Проблемы шкалы расстояний.

Определение возраста РЗС. Определение поглощения в направлении на скопление по диаграммам «цвет-величина» и двухцветным диаграммам. Изучение закона поглощения с помощью РЗС.

Строение и размеры РЗС. Проблемы выделения членов скоплений. Кинематический, статистический и фотометрический критерии отделения звёзд скопления от звёзд фона. Звезды вне основных последовательностей на диаграмме "цвет- величина".

Функция светимости звезд в рассеянных скоплениях. Построение функции масс звёзд в рассеянных скоплениях и её особенности.

## *Тема 5. Звёздные комплексы.*

Звёздные комплексы как группировки цефеид. Звёздные комплексы как группировки скоплений и ассоциаций. Природа звёздных комплексов. Иерархичность звёздообразования в пространстве и времени.

## *Тема 6. Шаровые звёздные скопления.*

Звёздный состав шаровых звёздных скоплений (ШЗС). Диаграмма "цвет-величина" звёзд ШЗС. Эволюция звёзд в шаровых скоплениях.

Химический состав звёзд ШЗС. Зависимость морфологии диаграмм "цвет-величина" от содержания тяжелых элементов. Проблема "второго параметра". Множественность населений звёзд в шаровых скоплениях.

Переменные звёзды в шаровых скоплениях. Переменные типа RR Lyr — члены ШЗС. Источники рентгеновского излучения в ШЗС.

Методы определения расстояний до шаровых скоплений. Калибровка зависимости  $M(HB)$  -  $[m/H]$ . Определение абсолютного и относительного возраста шаровых скоплений.

Законы распределения плотности звёзд в ШЗС и методы их исследования. Структурные и динамические характеристики ШЗС.

Массы шаровых звёздных скоплений. Функции светимости звёзд в ШЗС.

Подсистема шаровых скоплений Галактики. Шаровые скопления гало и шаровые скопления диска. Сравнение системы ШЗС Млечного Пути с системами скоплений в других галактиках.

## 7. Объем дисциплины

НАЗВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	Трудоемкость в зачетных единицах	объем учебной нагрузки в ак. часах				Самостоятельная работа студентов
		Общая трудоемкость	в том числе ауд. занятий		Лекций	
Звёздные скопления	2	72	36	36	0	36

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

Изучение курса «Звездные скопления» включает в себя лекции, на которых рассматривается основное содержание курса, и самостоятельную работу, заключающуюся в изучении литературы. 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	
1	Ведение		2	-	-	2
2	Поиск и открытие новых скоплений		2	-	-	2
3	Внегалактические звёздные скопления		4	-	-	2
4	Рассеянные звёздные скопления		12	-	-	10
5	Звёздные комплексы		2	-	-	4
6	Шаровые звёздные скопления		14	-	-	12

	Промежуточная аттестация	4				4	Зачет в форме письменной работы с последующим собеседованием
	<b>ИТОГО:</b>	72	36	-	-	36	

## 9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Текущий контроль по дисциплине «Звездные скопления» осуществляется на лекциях 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 «Звездные скопления» проводится в седьмом семестре как зачет в форме письменной работы с последующим собеседованием по программе.

## 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 студента по изученной теме.	Образцы тестов
<b>Оценочные средства промежуточной аттестации</b>		
Письменная работа	Средство, позволяющее оценить сформированность систематических	Перечень вопросов к зачету

	представлений о методах научно-исследовательской деятельности.	
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			
	незачет	зачет		
ЗНАТЬ: фундаментальные законы астрономии и астрофизики УК-1.Б 3-1	Отсутствие знаний фундаментальных законов астрономии и астрофизики	В целом успешные, но не систематически е знания фундаментальных законов астрономии и астрофизики	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы знания фундаментальных законов астрономии и астрофизики	Успешные и систематические знания фундаментальных законов астрономии и астрофизики
ЗНАТЬ: основные понятия математической обработки астрономических данных УК-1.Б 3-2	Отсутствие знаний или фрагментарное знание основных понятий математической обработки астрономических данных	В целом успешное, но не систематическо е знание основных понятий математическо й обработки астрономических данных	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы знание основных понятий математическо й обработки астрономических данных	Успешное и систематическое знание основных понятий математической обработки астрономических данных
ЗНАТЬ: основные математические методы, используемые при решении астрономических задач ОПК-1.Б 3-1	Отсутствие знаний или фрагментарное применение основных математических методов, при решении астрономических задач	В целом успешное, но не систематическо е применение основных математически х методов, при решении астрономических задач	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы знание основных математически х методов, при решении астрономических задач	Успешное и систематическое знание основных математических методов, при решении астрономических задач
УМЕТЬ:	Отсутствие	В целом	В	Успешное и

строить теоретические модели звездных систем, используя критически анализ данных УК-1.Б У-1	умения строить теоретические модели звездных систем, используя критически анализ данных	успешное, но не систематическое умение строить теоретические модели звездных систем, используя критически анализ данных	целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы умение строить теоретические модели звездных систем, используя критически анализ данных	систематическое умение строить теоретические модели звездных систем, используя критически анализ данных
УМЕТЬ: планировать астрофизические наблюдения, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе наблюдений УК-1.Б У-2	Отсутствие умения планировать астрофизические наблюдения, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе наблюдений	В целом успешное, но не систематическое умение планировать астрофизические наблюдения, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе наблюдений	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы умение планировать астрофизические наблюдения, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе наблюдений	Успешное и систематическое умение планировать астрофизические наблюдения, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе наблюдений
УМЕТЬ: решать типовые астрономические задачи ОПК-1.Б У-1	Отсутствие умения решать типовые задачи	В целом успешное, но не систематическое умение решать типовые задачи	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы умение решать типовые задачи	Успешное и систематическое умение решать типовые задачи
УМЕТЬ: строить математические модели строения и эволюции звездных систем ОПК-1.Б У-2	Отсутствие умения строить математические модели строения и эволюции звездных систем	В целом успешное, но не систематическое умение строить математические модели строения и эволюции звездных	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы умение строить математические модели строения и эволюции звездных	Успешное и систематическое умение строить математические модели строения и эволюции звездных систем

		систем	звездных систем	
ВЛАДЕТЬ: математическим аппаратом, применяемым в астрофизике УК-1.Б В-1	Отсутствие/фрагментарное владение математическим аппаратом, математическим аппаратом, применяемым в астрофизике	В целом успешное, но не систематическое владение математическим аппаратом, математическим аппаратом, применяемым в астрофизике	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы владение математическим аппаратом, математическим аппаратом, применяемым в астрофизике	Успешное и систематическое владение математическим аппаратом, математическим аппаратом, применяемым в астрофизике
ВЛАДЕТЬ: методами теоретического исследования явлений и процессов в астрофизике УК-1.Б В-2	Отсутствие/фрагментарное владение методами теоретического исследования явлений и процессов в астрофизике	В целом успешное, но не систематическое владение методами теоретического исследования явлений и процессов в астрофизике	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы владение методами теоретического исследования явлений и процессов в астрофизике	Успешное и систематическое владение методами теоретического исследования явлений и процессов в астрофизике
ВЛАДЕТЬ: навыками проведения астрономических наблюдений ОПК-1.Б В-1	Отсутствие/фрагментарное владение навыками проведения астрономических наблюдений	В целом успешное, но не систематическое владение навыками проведения астрономических наблюдений	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы владение навыками проведения астрономических наблюдений	Успешное и систематическое владение навыками проведения астрономических наблюдений

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

### *Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся*

*Текущий контроль осуществляется в рамках опросов и обсуждений. Материалами служат детализированные темы лекций и семинаров.*

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

**Пример:**

1. Найти расстояние до скопления и его линейный диаметр, если известен видимый диаметр, видимый модуль расстояния, избыток цвета. Значения параметров задаются преподавателем.
2. Оценить, на сколько надо сдвинуть изохрону на диаграмме «цвет-величина» скопления, чтобы учесть членство в скоплении неразрешённых двойных систем.

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

Основная литература.

1. П.Н. Холопов. Звёздные скопления. М., Наука, 1981.
2. Астрономия: век XXI, под ред. Сурдина, Век-2 Фрязино, 2015.
3. Yu. N. Efremov. Sites of star formation in galaxies: star complexes and spiral arms. M., Nauka, 1989
4. Многоканальная астрономия, под ред. А.М. Черепашкука, Век-2 Фрязино, 2019

Дополнительная литература.

B.W. Carney, W.E. Harris. Star clusters. Springer, 2001.

Интернет-ресурсы.

1. [www.ocl.sai.msu.ru](http://www.ocl.sai.msu.ru)

#### **Материально-техническое обеспечение**

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

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