

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:**  
**ПЕРЕМЕННЫЕ 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:**

1. Д.ф.-м.н. профессор Самусь Николай Николаевич, ГАИШ МГУ

Заведующий кафедрой

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

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

Явления фотометрической переменности широко распространены в мире звезд. В некотором смысле все звезды являются переменными. Звездная переменность вызывается весьма широким спектром астрофизических причин – пульсациями, вспышками на поверхности, процессами акреции в двойных системах с явлениями дисковой нестабильности, а также термоядерными процессами на поверхности белых карликов, взаимными затмениями звезд в двойных системах, экранированием звезд околосозвездной средой и др. В курсе рассматриваются многочисленные типы переменных звезд с акцентом на звездную эволюцию и физические механизмы переменности.

### **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 «Переменные звезды» 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**

Знакомство с методами спектральных и фотометрических наблюдений звезд, спектральной классификацией, диаграммой Герцшprunga–Рассела, элементами теории звездной эволюции. Эти знания студенты получают в курсам «Галактическая астрономия» (4 семестр), «Общая астрофизика» (5 и 6 семестры), «Практическая астрофизика» (5 семестр).

## **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> основные причины звездной переменности</p> <p><b>3-2 Знать:</b> эволюционное место основных типов переменных звезд</p> <p><b>У-1 Уметь:</b> классифицировать основные типы переменных звезд по кривым блеска, с учетом положения в Галактике и, при наличии, спектральных данных</p> <p><b>У-2 Уметь:</b> находить информацию о звездной переменности в Общем каталоге переменных звезд, Новом каталоге звезд, заподозренных в переменности блеска, в международных базах данных о переменных звездах</p> <p><b>В-1 Владеть:</b> математическим аппаратом, применяемым в исследованиях переменных звезд</p> <p><b>В-2 Владеть:</b> методами теоретического исследования явлений и процессов в астрофизике и звездной астрономии</p>
ОПК-1.Б	<p><b>3-1 Знать:</b> основные математические методы, используемые при решении задач астрономии</p> <p><b>У-1 Уметь:</b> решать типовые задачи, связанные с явлениями, относящимися к звездной переменности</p> <p><b>У-2 Уметь:</b> строить математические модели основных явлений и процессов в переменных звездах</p> <p><b>В-1 Владеть:</b> навыками статистического анализа, применяемого для обработки астрономических данных</p>

**2. Форма обучения:** очная.

**3. Язык обучения:** русский.

**4. Содержание дисциплины**

### *Тема 1. Переменные звезды и их каталоги*

Понятие переменной звезды. Краткий очерк методов наблюдательного исследования переменных звезд. Связь исследований переменных звезд с важнейшими проблемами астрофизики и звездной астрономии. Краткий исторический очерк. Каталоги переменных звезд.

### *Тема 2. Пульсирующие переменные звезды*

Основные положения теории звездных пульсаций. Звездные пульсации и эволюция звезд.

### *Тема 3. Классические цефеиды*

Зависимости период – светимость, период – светимость – цвет для классических цефеид. Метод Бааде–Весселинка для определения физических характеристик цефеид.

### *Тема 4. Переменные звезды типа RR Лиры*

Переменные типа RR Лиры в галактическом поле и в шаровых звездных скоплениях. Проблема «второго параметра», определяющего структуру горизонтальной ветви на диаграммах Герцшпрунга–Рессела шаровых скоплений.

### *Тема 5. Цефеиды II типа*

Переменные типа W Девы и звезды вне основных последовательностей на диаграммах Герцшпрунга–Рессела шаровых скоплений. «Аномальные цефеиды».

### *Тема 6. Прочие типы пульсирующих переменных звезд*

Звезды типа Миры Кита, полуправильные переменные, переменные типа RV Тельца, δ Щита, SX Феникса, ZZ Кита, β Цефея. Звезды типа BLAP.

### *Тема 7. Взрывные и новоподобные переменные звезды*

Физическая переменность тесных двойных систем. Классические новые звезды. Классификация, фотометрическая и спектральная картина вспышки, термоядерный механизм вспышки. Карликовые новые и новоподобные звезды, поляры. Дисковая аккреция, столбовая аккреция, диск-накопитель. Связь с классическими новыми. Симбиотические звезды.

### *Тема 8. Молодые переменные звезды*

Явления нестационарности на молодых звездах. Переменные типа T Тельца и родственных типов. Фуоры.

### *Тема 9. Прочие типы эруптивных переменных звезд*

Вспышки на звездах-карликах. Эруптивные переменные звезды типа R CrB. Переменные Хаббла–Сэндика. Редкие разновидности эруптивной переменности.

### *Тема 10. Переменность, связанная с геометрическими эффектами*

Затменные переменные, эллипсоидальные переменные. Вращение запятненных звезд. Классификация, понятие о методах интерпретации кривых блеска.

### *Тема 11. Звездная переменность на поздних стадиях эволюции*

Понятие о сверхновых звездах как заключительной стадии звездной эволюции. Рентгеновские переменные звезды и двойные с релятивистскими компонентами.

## **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	Семинаров	
Переменные звезды	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 «Переменные звезды» 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	Самостоятельная работа	
1	Переменные звезды и их каталоги	8	4	-	-	4	Собеседование, опрос
2	Пульсирующие переменные звезды	4	2	-	-	2	
3	Классические цефеиды	4	2	-	-	2	
4	Переменные звезды типа RR Лиры	8	4	-	-	4	
5	Цефеиды II типа	4	2	-	-	2	
6	Прочие типы пульсирующих переменных звезд	8	4	-	-	4	
7	Взрывные и новоподобные переменные звезды	8	4	-	-	4	
8	Молодые переменные звезды	8	4	-	-	4	
9	Прочие типы эruptивных переменных звезд	4	2	-	-	2	
10	Переменность, связанная с геометрическими эффектами	4	2	-	-	2	

<b>11</b>	Звездная переменность на поздних стадиях эволюции	<b>4</b>	<b>2</b>	-	-	<b>2</b>	
	Аттестация по итогам занятий	<b>4</b>				<b>4</b>	Устный зачет с последующим собеседованием
<b>ИТОГО:</b>		<b>72</b>	<b>36</b>	-	-	<b>36</b>	

## 9. Текущий контроль и аттестация по итогам занятий.

Текущий контроль по дисциплине «Переменные звезды» 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.

Аттестация по итогам занятий по дисциплине «Переменные звезды» проводится в форме зачета. Зачет проводится в устной форме, 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 аттестации по итогам занятий по дисциплине «Переменные звезды», представлен в таблице.

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
<b>Оценочные средства текущего контроля</b>		
Тестирование	Средство контроля, позволяющее получить оценку уровня фактических знаний студента по изученной теме.	Образцы тестов
<b>Оценочные средства аттестации по итогам занятий</b>		
Устный зачет	Средство, позволяющее оценить сформированность систематических представлений о предмете и о методах научно-исследовательской деятельности.	Перечень вопросов к зачету
Собеседование	Средство, позволяющее получить экспертную оценку знаний, умений и навыков 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		
<b>Знания</b> <i>(виды оценочных средств: устный опрос, тестирующий знание основных законов и соотношений)</i>	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
<b>Умения</b> <i>(виды оценочных средств: устный опрос, тестирующий знание принципов получения основных законов и соотношений, практические контрольные задания и т.п.)</i>	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
<b>Навыки</b> <i>(владения, опыт деятельности ) (Виды оценочных средств: решение новых (не разобранных на лекциях или в литературе) задач, вывод новых соотношений и т.п.)</i>	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

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

*Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся*

*Каждому студенту предлагается распечатка одной страницы с кривыми блеска переменных звезд с сайта <http://www.astrouw.edu.pl/asas/?psect=gallery&page=lightcurves> и дается задание предложить классификацию как можно большего числа звезд по системе Общего каталога переменных звезд.*

**13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения аттестации по итогам занятий.**

*Вопросы для устного зачета.*

- 1) Основные типы пульсирующих переменных звезд.
- 2) Основные типы взрывных и новоподобных переменных звезд.
- 3) Основные типы эруптивных; вращающихся; затменных переменных звезд.
- 4) Как обнаружить из наблюдений изменения периода переменной звезды? Интегральная формула для уклонений О–С. Как будет выглядеть диаграмма О–С в случае равномерно увеличивающегося и равномерно уменьшающегося периода?
- 5) Зависимость период – светимость для классических цефеид и цефеид II типа. К какой ошибке в постоянной Хаббла вел нуль-пункт зависимости, предложенный Х. Шепли, который не различал два типа цефеид?
- 6) Вывод упрощенного выражения для скорости изменения периода радиально пульсирующей переменной звезды из формулы А. Эддингтона, связывающей период и среднюю плотность.
- 7) Метод Бааде–Весселинка для определения физических характеристик радиально пульсирующей переменной звезды по измерениям блеска, цвета и лучевой скорости. Вывод формул для простейшего варианта метода.
- 8) Строение двойных систем взрывных и новоподобных переменных звезд. Физические причины переменности Новых и карликовых новых звезд.
- 9) Оптическая переменность двойных систем с нейтронными звездами и черными дырами.
- 10) Примеры редких и уникальных переменных звезд из лекционного курса.
- 11) Какие Вам известны интернет-ресурсы, предоставляющие фотометрические наблюдения переменных звезд?

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

Основная литература.

1. К.Гофмейстер, Г. Рихтер, В. Венцель. Переменные звезды. «Наука», М., 1991.

Дополнительная литература.

1. Б.В. Кукаркин (редактор серии). Нестационарные звезды и методы их исследования. Серия коллективных монографий в пяти томах. «Наука», М., 1970–1974.

Интернет-ресурсы.

1. <http://heritage.sai.msu.ru/ucheb/Samus/index.html>

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

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

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