

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:**

АСТРОБИОЛОГИЯ И ПЛАНЕТАРНЫЕ КАТАСТРОФЫ

---

**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. К.ф.-м.н., внс, Карнаухов Алексей Валерьевич, институт биофизики клетки РАН  
Заведующий кафедрой  
Д.ф.-м.н., профессор, Постнов Константин Александрович

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины «Астробиология и планетарные катастрофы»**

В рамках курса предполагается познакомить студентов с широким кругом вопросов связанных с феноменом жизни во Вселенной (зарождение, развитие и возможная гибель во время планетарных катастроф). Определенное внимание уделяется проблеме сохранения жизни на нашей планете в условиях современного антропогенного влияния на окружающую среду. Примеры Венеры и Марса - планет, переживших планетарные катастрофы, которые сделали жизнь (в привычных земных формах) на этих планетах невозможной – как дополнительный аргумент важности проблемы.

На конкретных примерах планируется закрепить навыки теоретического исследования сложных систем.

### **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 «Астробиология и планетарные катастрофы» реализуется на 5/6-ом курсе в 9/11-ом семестре и является составной частью профессионального блока вариативной части.

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

Курс является продолжением основных астрономических курсов «Геофизика и физика планет», «Общая астрофизика» поскольку в нем идет речь об одной из важнейших астрофизических задач: изучении условий существования жизни на Земле и других планетах.

## 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	<p><b>З-1 Знать:</b> фундаментальные законы, определяющие физические условия на поверхности планет.</p> <p><b>З-2 Знать:</b> основные понятия биологии и теории эволюции.</p> <p><b>У-1 Уметь:</b> строить теоретические модели физических условий на поверхности планет, исходя из фундаментальных физических законов.</p> <p><b>У-2 Уметь:</b> получать численные оценки параметров теоретических моделей, описывающих физические условия на поверхности планет, используя критический анализ данных.</p> <p><b>В-1 Владеть:</b> математическим аппаратом, применяемым при построении теоретических моделей.</p> <p><b>В-2 Владеть:</b> методами теоретического исследования явлений и процессов, формирующих физические условия на поверхности планет.</p>
ОПК-1	<p><b>З-1 Знать:</b> основные математические методы, используемые при исследовании сложных систем.</p> <p><b>У-1 Уметь:</b> решать типовые задачи прогнозирования при исследовании сложных систем.</p> <p><b>У-2 Уметь:</b> анализировать соответствие различных математических моделей одного и того же физического явления, определять области применимости каждой из них и, при необходимости, производить перенормировку параметров.</p> <p><b>В-1 Владеть:</b> навыками поиска, анализа и обработки данных, несущих информацию об изучаемой системе.</p>

2. **Форма обучения:** очная.

3. **Язык обучения:** русский.

4. **Содержание дисциплины**

*Тема 1.* Обзорная лекция по курсу (Парниковая катастрофа и проблема «Великого молчания Вселенной»). Краткий обзор истории открытия экзопланет и примеры звездных катастроф).

*Тема 2.* Добиологическая стадия формирования планетарной среды, пригодной для возникновения жизни. Понятие обитаемой зоны (*habitable zone*). Наличие жидкой воды – необходимое условие? Основные факторы, влияющие на формирование теплового баланса поверхности и химического состава атмосферы планет.

Ювональные и межпланетные источники химических элементов в атмосфере.

*Тема 3.* Обзор основных гипотез возникновения жизни (гипотеза Опарина, РНК-мир и др.) и теорий эволюции (Дарвина, синтетическая, симбиотическая и др.). Коэволюция жизни и физико-химических параметров атмосферы. Природные катастрофы и эволюция. Роль биосферы в поддержании стабильности климата Земли. Обзор истории изменения климата Земли. Ключевые события палеоклимата Земли. Парниковый эффект – важнейший фактор формирования планетарной среды. Понятие парниковой катастрофы. Биосферные и ноосферные механизмы устойчивости планетарной среды.

*Тема 4.* Краткий обзор истории изучения парникового эффекта. Опыты Тиндела. Двухпотокное приближение. Общие закономерности строения атмосфер на планетах с твердой поверхностью. Адиабатический градиент. Радиационная сфера. Радиационно-конвективные модели. Современное состояние. Трудности традиционного подхода. Кластерная структура водяных паров – неучтенный фактор традиционного подхода в климатологии. Основные методологические различия в традиционном подходе к изучению климата Земли и к изучению климата Земли как примера планетарного климата. Формулировка радиационно-адиабатической модели парникового эффекта для оптически плотных планетарных атмосфер.

*Тема 5.* Упрощенный вариант радиационно-адиабатической модели. Вывод основных соотношений. Теоретико-групповой подход в изучении сложных систем. Трансляционно-дилатационная симметрия основных уравнений радиационного теплообмена планеты с межпланетной средой. Демонстрация работоспособности сделанных оценок на примерах парникового эффекта на Венере и палеоклиматических данных, полученных на основе анализа ледяных кернов из Антарктиды.

*Тема 6.* Исследование в рамках радиационно-адиабатической модели дополнительных факторов, влияющих на величину парникового эффекта. Учет неизотермичности тропосферы. Учет структуры тропосферы, состоящей из областей восходящих (циклоны) и нисходящих (антициклоны) атмосферных потоков.

*Тема 7.* Радиационно-адиабатическая модель парникового эффекта в наиболее общем случае оптически плотной атмосферы. Метод неявных функций. Проблема окон прозрачности планетарной атмосферы в инфракрасной области.

*Тема 8.* Оценка парникового эффекта в оптически плотной атмосфере с учетом окон прозрачности. Метод перевала. Интеграл Либегга. Роль паров воды в создании сильной положительной обратной связи в климатической системе планет. Возможность парниковой катастрофы, обусловленной данной положительной обратной связью. Современный климат Венеры – следствие неантропогенной парниковой катастрофы, обусловленной парами воды?

*Тема 9.* История климата Марса. Теплое и влажное прошлое под покровом атмосферы, создающей сильный парниковый эффект. Потеря «парниковой атмосферы» из-за

недостаточной массы Марса. Гипотезы о возможных формах жизни в современных марсианских условиях. Гипотеза о метастабильных состояниях климата Марса

*Тема 10.* Понятие стационарных и нестационарных систем. Релаксационная модель, как базовое приближение при описании нестационарной системы. Её основные свойства. Релаксационная модель современных изменений в климатической системе Земли. Понятие тепловой инерции климатической системы.

*Тема 11.* Проблема оценки (идентификации) основных параметров релаксационной модели климатической системы Земли. Необходимость роботизированного мониторинга изменения физико-химических параметров климатической системы Земли. Система МАСТЕР - пример роботизированного комплекса сбора информации (для астрофизических задач). Расчет тепловой инерции Мирового океана - основной компоненты общей тепловой инерции климатической системы Земли. Перенормировка параметров климатической модели при учете положительной обратной связи, обусловленной парами воды. Оценка значений параметров на основе данных, опубликованных в последнем докладе IPCC (2013).

*Тема 12.* Палеоклимат Земли и климат планет – источник информации для идентификации (оценки) параметров климатической системы Земли. Глобальные и региональные оледенения. Меловая и Каменноугольная биосферные катастрофы. Причинно-следственные модели и оценки параметров.

*Тема 13.* Различные варианты сценариев изменения климата Земли в условии сохранения современных темпов роста антропогенных выбросов CO<sub>2</sub> и при осуществлении программ сокращения антропогенных выбросов. Оценки временных параметров достижения терминальной стадии парниковой катастрофы с учетом (и без учета) природных источников поступления парниковых газов в атмосферу.

*Тема 14.* Как остановить глобальное потепление и не допустить парниковую катастрофу? Ноосферные механизмы регулирования климата. Обзор некоторых геоинженерных проектов по стабилизации климата Земли. Проекты извлечения CO<sub>2</sub> из атмосферы. Распыление сульфатных аэрозолей в стратосфере. Перспективы атомной биоэнергетики. Проект «Сахара» или сколько человек может прокормить Земля. Оценки стоимости и эффективности проектов. Идея регулирования количества падающей на Землю солнечной радиации – строительство космического «солнечного зонтика» в точке Лагранжа.

*Тема 15.* Оценка стоимости и реализуемости проекта космического солнечного зонтика. Глобальная космическая солнечная энергетика. Терраформинг планет на примере Венеры и Марса.

*Тема 16.* Заключительная лекция. Загадка Великого молчания Вселенной и перспективы эволюции человека и человеческой цивилизации

## **7. Объем дисциплины**

НАЗВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	Трудоемкость в зачетных единицах	объем учебной нагрузки в ак. часах				Самостоятельная работа студентов
		Общая трудоемкость	в том числе			
			Общая аудиторная нагрузка	Лекций	Семинаров	
Астробиология и планетарные катастрофы	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 «Астробиология и планетарные катастрофы» 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	Введение	8	4	-	-	4	
2	Теория парникового эффекта для оптически плотной серой атмосферы	4	2	-	-	2	
3	Дифференциальный парниковый эффект.	4	2	-	-	2	
4	Парниковый эффект с учетом спектральных характеристик газов	8	4	-	-	4	
5	Однокомпонентный (CO <sub>2</sub> ) парниковый эффект (Марс)	4	2	-	-	2	
6	Двухкомпонентный (CO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O) парниковый эффект (Земля)	8	4	-	-	4	
7	«Влажная» парниковая катастрофа (Земля, Венера)	4	2	-	-	2	

8	Происхождение и эволюция жизни. Перспективы эволюции человека.	8	4	-	-	4	
9	Понятие зоны обитания. Возможность зарождения и существования жизни в Солнечной системе за пределами Земли	4	2	-	-	2	
10	Различные сценарии изменения климата Земли. Антропогенная парниковая катастрофа.	8	4	-	-	4	
11	Меры по стабилизации климата Земли	8	6	-	-	2	
	Промежуточная аттестация	4				4	Зачет в форме письменной работы с последующим собеседованием
<b>ИТОГО:</b>		<b>72</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>36</b>	

## 9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Текущий контроль по дисциплине «Астробиология и планетарные катастрофы» 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 «Астробиология и планетарные катастрофы» проводится в девятом или одиннадцатом семестре в форме зачета. Зачет в форме 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	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины



	всем изученным разделам, темам; свободного использования терминологии для аргументированного выражения собственной позиции.	
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 зачету
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	зачет	зачет
<b>ЗНАТЬ:</b> фундаментальные законы, определяющие физические условия на поверхности планет. УК-1 З-1	Отсутствие знаний фундаментальные законы, определяющие физические условия на поверхности планет.	В целом успешные, но не систематические знания фундаментальные законы, определяющие физические условия на поверхности планет.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знания фундаментальные законы, определяющие физические условия на поверхности планет.	Успешные и систематические знания фундаментальные законы, определяющие физические условия на поверхности планет.
<b>УМЕТЬ:</b> строить теоретические модели физических условий на поверхности планет, исходя из фундаментальных физических законов. УК-1 У-1	Отсутствие умения строить теоретические модели физических условий на поверхности планет, исходя из фундаментальных физических законов.	В целом успешное, но не систематическое умение строить теоретические модели физических условий на поверхности планет, исходя из фундаментальных физических законов.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение строить теоретические модели физических условий на поверхности планет, исходя из фундаментальных физических законов.	Успешное и систематическое умение строить теоретические модели физических условий на поверхности планет, исходя из фундаментальных физических законов.

ВЛАДЕТЬ: математическим аппаратом, применяемым при построении теоретических моделей. УК-1 В-1	Отсутствие/фрагментарное математическим аппаратом, применяемым при построении теоретических моделей.	В целом успешное, но не систематическое владение математическим аппаратом, применяемым при построении теоретических моделей.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение математическим аппаратом, применяемым при построении теоретических моделей.	Успешное и систематическое владение математическим аппаратом, применяемым при построении теоретических моделей.
---	--	--	--	---

## 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.

### *Материалы промежуточной аттестации обучающихся*

Промежуточная аттестация проводится с помощью теста. Отдельные примеры вопросов доступны по адресу <http://xray.sai.msu.ru/~polar/html/presentations.html>

**Пример:** выберите наиболее подходящий метод для поиска горячего юпитера.

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

### Основная литература.

1. Карнаухов А.В. К вопросу об устойчивости химического состава атмосферы и теплового баланса Земли. Биофизика, т.39, №1, стр. 148-152, 1994.
2. Карнаухов А.В. Динамика оледенений в Северном полушарии как автоколебательный релаксационный процесс. Биофизика, т. 39, №6, стр. 1094-1098, 1994.
3. Карнаухов А.В. Роль биосферы в формировании климата Земли. Парниковая катастрофа. Биофизика, 46, № 6, стр. 1078-1088, 2001

### Дополнительная литература.

1. Карнаухов А.В., Карнаухова Е.В. Применение нового метода идентификации нелинейных динамических систем для задач биохимии. Биохимия, 68, №.3, стр.309-317, 2003.
2. Karnaukhov A.V. Initial stage of the Mars evolution might be suitable for a life appearance because of greenhouse effect. Theoretical model. In Proc. Of III European Workshop on Exo-Astrobiology "Mars: The Search for Life", Madrid, Spain, ESA SP-545, pp.213-214, 2004.

Интернет-ресурсы.

**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.