

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Д.А. Таюрский

\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**  
Космическая газодинамика Б1.Б.45

Специальность: 03.05.01 - Астрономия

Специализация: не предусмотрено

Квалификация выпускника: Астроном. Преподаватель

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Шиманская Н.Н.

**Рецензент(ы):**

Сахибуллин Н.А.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Бикмаев И. Ф.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 6147718

Казань  
2018

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Шиманская Н.Н. Кафедра астрономии и космической геодезии Отделение астрофизики и космической геодезии, Nelli.Shimanskaya@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины \_Космическая газодинамика\_\_ являются изучение студентами основ космической газовой динамики применительно к процессам, происходящим в межзвездной среде; формирование представления о возможностях применения газодинамических методов в астрофизике.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.Б.45 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.05.01 Астрономия и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 6 курсе, 12 семестр.

Данная учебная дисциплина входит в раздел С3.Б.25 ФГОС ВПО и ПрООП по направлению подготовки "Астрономия".

Учебная дисциплина \_Космическая газодинамика\_ должна изучаться после освоения дисциплин "Электродинамика", "Термодинамика" (базовая часть блока "С.2. Математический и естественнонаучный цикл"), дисциплин "Общая астрофизика", "Физика и эволюция звезд", "Теоретическая астрофизика" (базовая часть блока "С.3. Профессиональный цикл").

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-10 (общекультурные компетенции)	уметь находить, анализировать и обрабатывать информацию
ОК-6 (общекультурные компетенции)	быть способным к обобщению, анализу, систематизации астрономических данных
ПК-1 (профессиональные компетенции)	ориентироваться в базовых астрономических и физико-математических теориях
ПК-4 (профессиональные компетенции)	владеть навыками самостоятельной работы
ПСК-1.4	обладать знанием и использованием наземных и космических методов получения астрофизической информации об астрономических объектах и явлениях
ПСК-1.5	обладать умением использовать приобретенные знания для астрофизических исследований

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- основные физические процессы, ответственные за природу и наблюдаемые особенности космических объектов и явлений,
- строение и эволюцию звезд; состав и структуру нашей Галактики,

- методы получения астрофизической информации о космических объектах и явлениях ,
- основные понятия газодинамики.

2. должен уметь:

- использовать знания теоретической физики для интерпретации астрофизических наблюдений,
- пользоваться соответствующей литературой для самостоятельного изучения вопросов, возникающих на практике.

3. должен владеть:

- представлениями о возможностях применения газодинамических методов в астрофизике;
- навыками самостоятельной работы.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

-

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 12 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение. Роль динамических процессов в межзвездной среде.	12	1,3	4	0	0	Устный опрос
2.	Тема 2. Плоское адиабатическое движение газа. Инварианты Римана.	12	5	2	0	0	Устный опрос
3.	Тема 3. Стационарные ударные волны.	12	7,9	3	0	0	Контрольная работа
4.	Тема 4. Уравнения магнитной газодинамики.	12	1-2	2	5	0	Презентация

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
5.	Тема 5. Задачи о расширении газа в вакууме. Задача о вспышке сверхновой. Турбулентное движение и методы его исследования.	12	3-4	2	5	0	Устный опрос
6.	Тема 6. Конвективная и тепловая неустойчивость.	12	5	3	2	0	Письменное домашнее задание
7.	Тема 7. Устойчивость газа в поле тяготения.	12	6	0	3	0	Письменная работа
8.	Тема 8. Движения газа в звездах.	12	7	2	3	0	Устный опрос
	Тема . Итоговая форма контроля	12		0	0	0	Зачет
	Итого			18	18	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Введение. Роль динамических процессов в межзвездной среде.

#### *лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Роль динамических процессов в межзвездной среде. Основные понятия газовой динамики. Система уравнений газовой динамики. Уравнения газовой динамики в лагранжевых координатах. Упругие волны в газе. Скорость звука в межзвездной среде

### Тема 2. Плоское адиабатическое движение газа. Инварианты Римана.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Плоское адиабатическое движение газа. Инварианты Римана.

### Тема 3. Стационарные ударные волны.

#### *лекционное занятие (3 часа(ов)):*

Стационарные ударные волны. Образование разрывов в течение газа. Условия сохранения массы, потока импульса и энергии на фронте ударной волны. Адиабата Гюгонио. Физические условия за фронтом сильной ударной волны. Структура ударной волны. Ударные волны с высвечиванием.

### Тема 4. Уравнения магнитной газодинамики.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Уравнения магнитной газодинамики. "Вмороженность" магнитного поля.

Магнитогидродинамические и магнито-звуковые волны. Свойства альвеновских волн. Ударные волны при наличии магнитного поля. Влияние магнитного поля на сжатие газа за фронтом волны. Сильные волны и слабые газоманнитные разрывы..

#### *практическое занятие (5 часа(ов)):*

Магнитогидродинамические и магнито-звуковые волны. Свойства альвеновских волн. Ударные волны при наличии магнитного поля. Влияние магнитного поля на сжатие газа за фронтом волны.

### Тема 5. Задачи о расширении газа в вакууме. Задача о вспышке сверхновой. Турбулентное движение и методы его исследования.

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Турбулентное движение и методы его исследования. Условия перехода ламинарного движения в турбулентное. Уравнения Рейнольда и турбулентная вязкость. Феноменологическая модель турбулентности. Закон Колмогорова

**практическое занятие (5 часа(ов)):**

Задачи о расширении газа в вакууме. Понятие об автомодельных задачах. Необходимые и достаточные условия автомодельности движения. Задача о вспышке сверхновой. Эволюция оболочки сверхновой звезды.

**Тема 6. Конвективная и тепловая неустойчивость.**

**лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Конвективная и тепловая неустойчивость. Условие конвективной неустойчивости в несжимаемой жидкости. Число Релея.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Особенности конвекции в астрофизических условиях. Критерий Шварцшильда наступления конвективной неустойчивости.

**Тема 7. Устойчивость газа в поле тяготения.**

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

устойчивость газа в поле тяготения. Гравитационная неустойчивость. критерий Джинса. Теорема о вириале и ее использование для получения условия неустойчивости. Неустойчивости Ре-лея, Тейлора и Кельвина, Гельмгольца.

**Тема 8. Движения газа в звездах.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Движения газа в звездах. Строение внешней конвективной зоны звезды.

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Колебания звезд. Ударные волны во внешних слоях звезд и звездных оболочках. Разлет газа с поверхности звезды, звездный ветер.

**4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Введение. Роль динамических процессов в межзвездной среде.	12	1,3	подготовка к устному опросу	3	Устный опрос
2.	Тема 2. Плоское адиабатическое движение газа. Инварианты Римана.	12	5	подготовка к устному опросу	3	Устный опрос
3.	Тема 3. Стационарные ударные волны.	12	7,9	подготовка к контрольной работе	4	Контрольная работа
4.	Тема 4. Уравнения магнитной газодинамики.	12	1-2	подготовка к презентации	6	Презентация

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
5.	Тема 5. Задачи о расширении газа в вакууме. Задача о вспышке сверхновой. Турбулентное движение и методы его исследования.	12	3-4	подготовка к устному опросу	8	Устный опрос
6.	Тема 6. Конвективная и тепловая неустойчивость.	12	5	подготовка домашнего задания	4	Письменное домашнее задание
7.	Тема 7. Устойчивость газа в поле тяготения.	12	6	подготовка к письменной работе	4	Письменная работа
8.	Тема 8. Движения газа в звездах.	12	7	подготовка к устному опросу	4	Устный опрос
	Итого				36	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

При реализации программы дисциплины \_\_Космическая газодинамика\_\_ в часы, отведенные для аудиторных занятий (36 часов), занятия проводятся в виде лекций и практических занятий (семинаров). На аудиторных занятиях используются такие интерактивные формы обучения как обсуждение теоретических вопросов, самостоятельный вывод уравнений студентами, представление созданных студентами презентаций по выбранной теме. Самостоятельная работа студентов подразумевает занятия под руководством преподавателя в виде консультаций и индивидуальной работы студента.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### Тема 1. Введение. Роль динамических процессов в межзвездной среде.

Устный опрос , примерные вопросы:

Роль динамических процессов в межзвездной среде. Основные понятия газовой динамики. Система уравнений газовой динамики. Лагранжевы координаты. Уравнения неразрывности, движения и энергии (в декартовых и лагранжевых координатах). Оценить скорость звука в межзвездной среде.

### Тема 2. Плоское адиабатическое движение газа. Инварианты Римана.

Устный опрос , примерные вопросы:

Получить инварианты Римана. Графическое представление инвариантов.

### Тема 3. Стационарные ударные волны.

Контрольная работа , примерные вопросы:

Условия сохранения массы, потока импульса и энергии на фронте ударной волны. Адиабата Гюнио. Физические условия за фронтом сильной ударной волны Структура ударной волны. Привести примеры ударных волн в астрофизике

### Тема 4. Уравнения магнитной газодинамики.

Презентация , примерные вопросы:

Индивидуальные темы презентаций по разделу "магнитная газодинамика". Представление презентаций на 10-15 минут.

## **Тема 5. Задачи о расширении газа в вакууме. Задача о вспышке сверхновой. Турбулентное движение и методы его исследования.**

Устный опрос , примерные вопросы:

Понятие об автомодельных задачах. Необходимые и достаточные условия автомодельности движения. Привести примеры автомодельных движений в астрофизике . Турбулентное движение и методы его исследования. Феноменологическая модель турбулентности - иерархия вихрей. Уравнения Рейнольда и турбулентная вязкость. Феноменологическая модель турбулентности. Закон Колмогорова

## **Тема 6. Конвективная и тепловая неустойчивость.**

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Определение конвективной и тепловой неустойчивости. Условие конвективной неустойчивости в несжимаемой жидкости. Особенности конвекции в астрофизических условиях. Критерий Шварцшильда наступления конвективной неустойчивости.

## **Тема 7. Устойчивость газа в поле тяготения.**

Письменная работа , примерные вопросы:

Гравитационная неустойчивость, критерий Джинса. Неустойчивости Релея, Тейлора и Кельвина, Гельмгольца.

## **Тема 8. Движения газа в звездах.**

Устный опрос , примерные вопросы:

Газодинамические явления в астрофизике: турбулентность и конвекция в звездах.

Газодинамические явления в астрофизике: колебания звезд. Разлет газа с поверхности звезды. Газодинамические явления в астрофизике: звездный ветер.

## **Итоговая форма контроля**

зачет

Примерные вопросы к зачету:

### **ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ**

1. Примеры динамических процессов в межзвездной среде.
2. Уравнения газовой динамики.
3. Упругие волны в газе. Скорость звука.
4. Плоское адиабатическое расширение газового слоя в пустоту. Инварианты Римана.
5. Стационарные ударные волны без магнитного поля и в отсутствие силы тяжести.
6. Структура фронта ударной волны.
7. Уравнения магнитной газодинамики.
8. Магнитогидродинамические и магнитозвуковые волны.
9. Свойства альвеновских волн.
10. Ударные волны при наличии магнитного поля и в отсутствие силы тяжести. Сильная волна и слабые газомангнитные разрывы.
11. Необходимые и достаточные условия автомодельности движения.
12. Эволюция оболочки сверхновой звезды. Адиабатическая стадия.
13. Звездный ветер и струи газа в тесных двойных системах.
14. Колебания звезд.
15. Турбулентное движение и методы его исследования. Феноменологическая модель турбулентности.
16. Конвективная и тепловая неустойчивость. Особенности конвекции в астрофизических условиях.
17. Критерий Шварцшильда наступления конвективной неустойчивости.
18. Гравитационная неустойчивость. Неустойчивости Релея-Тейлора и Кельвина-Гельмгольца.



### 7.1. Основная литература:

1. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. 3-е изд., исправл. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008, 656 с.  
// [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2373](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2373)
2. Бескин В.С. Гравитация и астрофизика. М.: Физматлит, 2008, 158 с. // [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2114](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2114)
3. Термодинамика и статистическая физика : конспекты лекций и задачи : для студентов физического факультета / Л.К. Аминов ; Казан. гос. ун-т, Физ. фак. ? Казань : Издательство Казанского государственного университета, 2008 .? 179 с. : ил. ; 21 .? Библиогр.: с.162-164, 200 (93 экз., библиотека КФУ)
4. Бисикало, Я.В. Газодинамика тесных двойных звезд. [Электронный ресурс] / Я.В. Бисикало, А.Г. Жилкин, А.А. Боярчук. ? Электрон. дан. ? М. : Физматлит, 2012. ? 630 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/48292>
5. Фундаментальные космические исследования. В 2 кн. Кн.1. Астрофизика. [Электронный ресурс] ? Электрон. дан. ? М. : Физматлит, 2014. ? 452 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/59705>

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Релятивистская астрофизика и физическая космология / Г. С. Бисноватый-Коган .? Москва : URSS : [Красанд, 2011] .? 362, [1] с., [4] л. цв. ил. : ил. ; 22 .? На 4-й с. обл. авт.: Г. С. Бисноватый-Коган, д. ф.-м. н., проф. ? Библиогр. в конце частей .? Список избран. тр. Г. С. Бисноватого-Когана в конце кн. ? ISBN 978-5-396-00276-0 ((в пер.)) (5 экз., библиотека КФУ)
2. Общий курс физики : учебное пособие для вузов : В 5 томах / Д. В. Сивухин .? Москва : Физматлит, 2006 .? ; 22 см. Т. 2: Термодинамика и молекулярная физика .? Издание 5-е, исправленное .? Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2006 .? 544 с. : ил. ? Имен., предм. указ.: с. 529-537 .? ISBN 5-9221-0601-5. (55 экз., библиотека КФУ)
3. Термодинамика : перевод с французского / А. Пуанкаре .? Москва ; Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика : Институт компьютерных исследований, 2005 .? 332 с. ; 20 см. ? Пер. изд.: Thermodynamique/ H. Poincaré (Paris: Gauthier-villars, Imprimeur-Libraire, 1908). Оригинал перевода: Thermodynamique / H. Poincaré .? Paris : Gauthier-villars, Imprimeur-Libraire, 1908. ISBN 5-93972-471-X. (4 экз., библиотека КФУ)
4. Физика межзвездной среды / С. А. Каплан, С. Б. Пикельнер .? Москва : Наука, 1979 .? 592 с. : табл., ил. (7 экз., библиотека КФУ)
5. Космическая газодинамика : (проблемы теоретической астрофизики) / В. Г. Горбацкий .? Москва : Наука, 1977 .? 360 с. : ил. (2 экз., библиотека КФУ; 4 экз., фонд кафедры)
6. Газодинамические неустойчивости в астрофизических системах : Учеб. пособие / В.Г.Горбацкий .? СПб. : Изд-во Санкт-Петербург. ун-та, 1999 .? 166с. : ил. ? В надзаг.: Санкт-Петербург. гос. ун-т .? Библиогр.: с.164-166 .? ISBN 5-288-020050-7 : 22.90. (1 экз., библиотека КФУ; 4 экз., фонд кафедры)
7. Новиков И.И. Термодинамика, 2009 г., изд. 2-е изд., испр., ISBN: 978-5-8114-0987-7, СПб: ЛАНЬ - 592 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/286>
8. Фортов В.Е. Экстремальные состояния вещества, 2009г., М.: ФИЗМАТЛИТ - 304 с. ISBN: 978-5-9221-1104-1 <https://e.lanbook.com/reader/book/2154>

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Strasbourg Astronomical Data Center (европейская поисковая и информационная база астрофизических и астрономических данных) - [cdsweb.u-strasbg.fr](http://cdsweb.u-strasbg.fr)

The SAO/NASA Astrophysics Data System (всемирная поисковая и информационная база астрофизической и спектроскопической литературы) - [adsabs.harvard.edu](http://adsabs.harvard.edu)

Интегральный каталог ресурсов Федеральный портал - <http://siop-catalog.informika.ru/>

Федеральный фонд учебных курсов - <http://www.ido.edu.ru/ffec/econ-index.htm>

Федеральный фонд учебных курсов - <http://www.ido.edu.ru/ffec/econ-index.html>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Космическая газодинамика" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

- для поддержки мультимедиа-презентаций во время лекционных занятий используются следующие программные продукты: Mircsft Pwer Pint в составе Mircsft Office 2007 (2 академические лицензии), OpenOffice.org 3.0 Impress (открытая лицензия GPL), Adbe Reader 9 (предоставлено физическим факультетом для 20 рабочих мест на условиях академической лицензии Mircsft);
- учебные аудитории кафедры астрономии и космической геодезии;
- стационарное и переносное демонстрационное оборудование (мультимедийные проекторы, ноутбуки).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по специальности: 03.05.01 "Астрономия" и специализации не предусмотрено .

Автор(ы):

Шиманская Н.Н. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Сахибуллин Н.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.