

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.В.ОД.19**

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 678317

## 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.В.ОД.19 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.05.01 Астрономия и относится к обязательным дисциплинам. 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	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	
1.	Тема 1. Введение. Роль дина-мических 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	Практи- ческие занятия	Лабора- торные 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. Уравнения газовой динамики в лагранжевых координатах.

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

Устный опрос , примерные вопросы:

Получить инварианты Римана.

#### Тема 3. Стационарные ударные волны.

Контрольная работа , примерные вопросы:



Условия сохранения массы, потока импульса и энергии на фронте ударной волны. Адиабата Гюгионо. Структура ударной волны.

#### **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. Турбулентное движение и методы его исследования. Уравнения Рейнольда и турбулентная вязкость. Феноменологическая модель турбулентности. Закон Колмогорова

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

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Конвективная и тепловая неустойчивость. 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:

Движения газа в звездах. Колебания звезд. Разлет газа с поверхности звезды. звездный ветер.

#### **Итоговая форма контроля**

зачет (в 12 семестре)

Примерные вопросы к итоговой форме контроля

#### **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. Магнитогазодинамические 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. Вспышка сверхновой как точечный взрыв в межзвездной среде. Ионизационные фронты.
13. Звездный ветер.
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>

### 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 5-288-02005-7 : 22.90. (1 экз., библиотека КФУ; 4 экз., фонд кафедры)

### 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:

- 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.