

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



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор  
по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Минзарипов Р.Г.

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**  
Космическая газодинамика ФТД.Ф.7

Специальность: 010702.65 - Астрономия

Специализация:

Квалификация выпускника: АСТРОНОМ

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Шиманская Н.Н.

**Рецензент(ы):**

Сахибуллин Н.А.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой:

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

Учебно-методическая комиссия Института физики:

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

Регистрационный No

Казань  
2014

## 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. 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 " ФТД.Ф.7 Факультативные дисциплины" основной образовательной программы 010702.65 Астрономия и относится к федеральному компоненту. Осваивается на 5 курсе, 9 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:

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. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 29 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 9 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 дина-мических процессов в межзвездной среде. Основные понятия газовой динамики. Система уравнений газовой динамики. Уравнения газовой динамики в лагран-жевых координатах. Упругие волны в газе. Скорость звука в межзвездной среде	9	1,3	0	0	0	
2.	Тема 2. Плоское адиабати-ческое движение газа. Инварианты Римана.	9	5	0	0	0	
3.	Тема 3. 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 высвечи-ванием.	9	7,9	0	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
4.	Тема 4. Уравнения магнитной газодинамики. "Вмороженность" магнитного поля. Магнитогидродинамические и магнито-звуковые волны. Свойства альвенов-ских волн. Ударные волны при наличии магнитного поля. Влияние магнитного поля на сжатие газа за фронтом волны. Сильные волны и слабые газоманит-ные разрывы..	10	1-2	0	0	0	
5.	Тема 5. Задачи о расширении газа в вакууме. Понятие об автомо-дельных задачах. Необходимые и достаточные условия автотельности движения. Задача о вспышке сверхновой. Эволюция оболочки сверхновой звезды. Турбулентное движение и методы его исследования. Условия перехода ламинарного движе-ния в турбулентное. Уравнения Рейноль-да и турбулентная вязкость. Феномено-логическая модель турбулентности. Закон Колмогорова	10	3-4	0	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
6.	Тема 6. Конвективная и тепловая неустойчивость. Условие конвективной неустойчивости в несжимаемой жидкости. Число Рейля. Особенности конвекции в астрофизических условиях. Критерий Шварцшильда наступления конвективной неустойчивости.	10	5	0	0	0	
7.	Тема 7. Устойчивость газа в поле тяготения. Гравитационная неустойчивость? критерий Джинса. Теорема о вириале и ее использование для получения условия неустойчивости. Неустойчивости Рейли?Тейлора и Кельвина?Гельмгольца.	10	6	0	0	0	
8.	Тема 8. Движения газа в звездах. Строение внешней конвективной зоны звезды. Колебания звезд. Ударные волны во внешних слоях звезд и звездных оболочках. Разлет газа с поверхности звезды? звездный ветер.	10	7	0	0	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	9		0	0	0	зачет
	Итого			0	0	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Введение. 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.**

**Тема 3. 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. "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..**

**Тема 5. Задачи о расширении газа в вакууме. Понятие об автономных задачах. Необходимые и достаточные условия автономности движения. Задача о вспышке сверхновой. Эволюция оболочки сверхновой звезды. Турбулентное движение и методы его исследования. Условия перехода ламинарного движения в турбулентное. Уравнения Рейнольда и турбулентная вязкость. Феномено-логическая модель турбулентности. Закон Колмогорова**

**Тема 6. Конвективная и тепловая неустойчивость. Условие конвективной неустойчивости в несжимаемой жидкости. Число Релея. Особенности конвекции в астрофизических условиях. Критерий Шварцшильда наступления конвективной неустойчивости.**

**Тема 7. Устойчивость газа в поле тяготения. Гравитационная неустойчивость? критерий Джинса. Теорема о вириале и ее использование для получения условия неустойчивости. Неустойчивости Релея?Тейлора и Кельвина?Гельмгольца.**

**Тема 8. Движения газа в звездах. Строение внешней конвективной зоны звезды. Колебания звезд. Ударные волны во внешних слоях звезд и звездных оболочках. Разлет газа с поверхности звезды? звездный ветер.**

## **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. 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.**

**Тема 3. 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. "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..**

**Тема 5. Задачи о расширении газа в вакууме. Понятие об автономных задачах. Необходимые и достаточные условия автономности движения. Задача о вспышке сверхновой. Эволюция оболочки сверхновой звезды. Турбулентное движение и методы его исследования. Условия перехода ламинарного движения в турбулентное. Уравнения Рейнольдса и турбулентная вязкость. Феноменологическая модель турбулентности. Закон Колмогорова**

**Тема 6. Конвективная и тепловая неустойчивость. Условия конвективной неустойчивости в несжимаемой жидкости. Число Рейли. Особенности конвекции в астрофизических условиях. Критерий Шварцшильда наступления конвективной неустойчивости.**

**Тема 7. Устойчивость газа в поле тяготения. Гравитационная неустойчивость? критерий Джинса. Теорема о вириале и ее использование для получения условия неустойчивости. Неустойчивости Рейли?Тейлора и Кельвина?Гельмгольца.**

**Тема 8. Движения газа в звездах. Строение внешней конвективной зоны звезды. Колебания звезд. Ударные волны во внешних слоях звезд и звездных оболочках. Разлет газа с поверхности звезды? звездный ветер.**

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

**ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ  
ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ**

- 1.1 Оценка скорости звука в межзвездной среде (5 баллов).
- 1.2 Уравнения неразрывности, движения и энергии (в декартовых и лагранжевых координатах) (5 баллов).
- 1.3 Определение стационарной ударной волны. Примеры ударных волн в астрофизике (5 баллов).
- 1.4 Уравнения магнитной газодинамики (5 баллов).
- 1.5 Автономность движения. Примеры автономных движений в астрофизике (5 баллов).
  
- 2.1 Феноменологическая модель турбулентности - иерархия вихрей (5 баллов).
- 2.2 Определение конвективной и тепловой неустойчивости (5 баллов).
- 2.3 Понятие гравитационной неустойчивости (5 баллов).
- 2.4 Газодинамические явления в астрофизике: турбулентность и конвекция в звездах, колебания звезд (5 баллов).
- 2.5 Газодинамические явления в астрофизике: звездный ветер (5 баллов).

**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 газоманнитные разрывы.
11. Необходимые и достаточные условия автономности 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.
2. Бочкарев Н.Г. Основы физики межзвездной среды. Уч.пос. Изд.2-е. М.: Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2010, 352 с.
3. Каплан С.А., Пикельнер С.Б. Физика межзвездной среды. М.: Наука, 1979, 592 с.
4. Горбацкий В.Г. Космическая газодинамика. М.: Наука, 1979, 360 с.

### **7.2. Дополнительная литература:**

1. Спитцер Л. Физические процессы в межзвездной среде. М.: Мир, 1981, 349 с.
2. Пикельнер С.Б. Основы космической электродинамики. Изд. 2-е. М.: Наука, 1966, 407 с.
3. Горбацкий В.Г. Газодинамические неустойчивости в астрофизических системах. Уч.пос. СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 1999, 168 с.

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану**

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по специальности: 010702.65 "Астрономия" .

Автор(ы):

Шиманская Н.Н. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Сахибуллин Н.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.