

**Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Иркутский государственный университет**

(ГОУ ВПО ИГУ)

Физический факультет

**/дисциплина/ АСТРОФИЗИКА
Рабочая программа курса**

для специальности 010400 ФИЗИКА,

Утверждаю

Декан физического факульте-
та ИГУ

Аграфонов Ю.В.

«___» _____ 2005 г.

ИРКУТСК 2005

1. Пояснительная записка

Программа разработана в соответствии с основной образовательной программой ГОС по специальности «физика» и предназначена для обеспечения курса «Астрофизика», изучаемого студентами в течение седьмого семестра.

1.1 Основная *цель* курса – дать студентам целостное представление о картине Мегакосмоса в рамках существующих естественнонаучных представлений; способствовать развитию их интеллектуальных, творческих способностей и критического мышления в ходе проведения исследований, анализа явлений, восприятия и интерпретации информации. Для достижения данной цели были поставлены *задачи*:

- изучить основные понятия астрофизики, закономерности мира звезд и современные теоретические представления о природе звезд и их систем;
- показать действие фундаментальных законов в условиях космоса;
- изучить физические методы исследований космических объектов;
- познакомиться с современными проблемами астрофизики, новейшими открытиями и достижениями в исследовании Вселенной за последние годы.

1.2. *Место курса в системе образования.* Одним из направлений модернизации российского образования является *интеграция* дисциплин естественнонаучного цикла. Курс астрофизики соответствует этой концепции, т.к. при его изучении используются разделы и темы следующих дисциплин:

- физика (молекулярная физика и термодинамика, электродинамика, волновая оптика, атомная и ядерная физика, статистическая и квантовая физика, физика плазмы, физика элементарных частиц, теория относительности);
- высшая математика (дифференциальное и интегральное исчисление, элементы фрактальной геометрии);
- концепции современного естествознания (синергетика, антропный принцип).

1.3. В результате изучения курса астрофизики студенты должны *знать*

- общие сведения о звездах и межзвездной среде, их физические характеристики, структурность Вселенной;
- основные теории, определяющие строение космических объектов;
- физические законы, лежащие в основе современных методов исследований Мегамира;

- **иметь представление** о происхождении и эволюции небесных тел и их систем;

уметь

- пользоваться современным знанием физических закономерностей для объяснения вопросов строения, происхождения и эволюции Вселенной и ее структур;
- давать аргументированную оценку новой информации в области астрофизики.

2. Объем дисциплины и виды учебной работы.

Аудиторная работа	Общая трудоемкость	1 сем.	2 сем.
Лекции	54	54	
Семинары			
Практические занятия			
<i>Итого</i>	<i>54</i>	<i>54</i>	
Внеаудиторная работа			
Домашние (<i>самостоятельные</i>) работы, рефераты	5	5	
<i>Итого</i>	<i>5</i>	<i>5</i>	
Итоговый контроль (<i>зачет</i>)	5	5	
Общая трудоемкость дисциплины	<i>64</i>	<i>64</i>	

4. Распределение часов курса по темам (тематический план для лекций).

№ п/п	Название темы	Всего час.	Ауд. лекц.	Вне ауд. (СРС)
1.	ОСНОВЫ АСТРОФИЗИКИ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗВЕЗДАХ.	5	4	1
2.	МИР ГАЛАКТИК И ЕГО СВОЙСТВА. СТРУКТУРНОСТЬ ВСЕЛЕННОЙ.	9	8	1
3.	ТЕОРИЯ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ ЗВЕЗД.	21	20	1
4.	АТМОСФЕРЫ ЗВЕЗД.	15	14	1
5.	ИЗБРАННЫЕ ВОПРОСЫ АСТРОФИЗИКИ. МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ В КОСМОСЕ.	9	8	1
	Всего:	59	54	5

3.3. Задания по СРС.

№1). Разработать тест (15-20) вопросов с программируемыми вариантами ответов по тематике **раздела 1.** (см. пример в Приложении 8.1.1., п.13)

Рекомендуемая литература. ОИ: №2, Гл. 1, § 1; №3, Гл. 1-3.

ДИ: №4, Гл. 1-2; № 16, Раздел «Звезды».

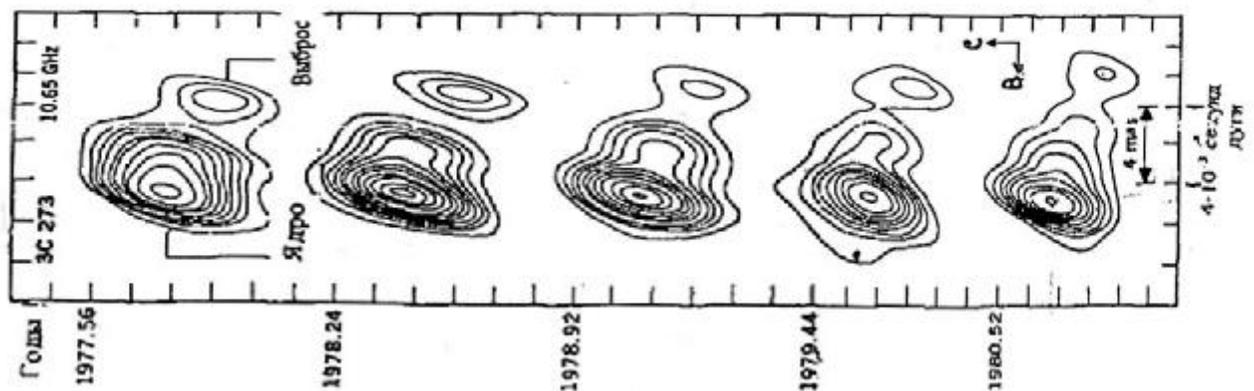
№2). По предложенным спектрограммам (см. Приложение 8.1.2., п.4) выполнить практическую задачу: оценить скорость выброса квазара.

Практическая задача «Выброс квазара 3С273».

1.1. Измерьте видимое смещение выброса из ядра квазара 3С273 (радиокарта на рисунке) за несколько лет и оцените скорость его движения. Расстояние до квазара принять равным 600 Мпк.

1.2. Прокомментируйте полученное вами значение скорости движения выброса.

1.3. Видимая звездная величина квазара 3С273 равна $12,8^m$. Оцените абсолютную величину и светимость этого квазара (в светимостях Солнца). Сравните со светимостью нашей Галактики (приблизительно).



Рекомендуемая литература. ОИ: №2, Гл. 1, § 2; №2, Гл. 5; №4.

ДИ: №2, Гл. 5; № 16, Раздел «Квazarы».

№3). Получить дифференциальные уравнения (см. Приложение 8.1.3., п.5) для двух моментов в теории переноса излучения сферически-симметричной модели звезды:

По заданной интенсивности I_ν можно определить и другие величины, характеризующие поле излучения. Три первых её момента:

плотность энергии излучения
$$E = \frac{1}{c} \int I_\nu \cos^0 q \, d\omega,$$

поток излучения
$$H = \int I \cos q \, d\omega,$$

лучистое давление
$$P = \frac{1}{c} \int I \cos^2 q \, d\omega.$$

Для первых двух моментов можно получить дифференциальные уравнения, образуя их из основного уравнения переноса

$$\frac{dI}{dr} \cos q - \frac{dI}{dq} \frac{\sin q}{r} + Icr - \frac{1}{4p} jr = 0.$$

т.е. умножая его на соответствующие степени $\cos\theta$ и интегрируя по всем направлениям.

Задание 1) Умножив уравнение переноса на $\cos^0\theta$ и решив его, получить дифференциальное уравнение для потока излучения:

$$\frac{dH}{dr} + \frac{2}{r}H + ccrE - jr = 0$$

Задание 2) Умножив уравнение переноса на $\cos\theta$ и решив его, получить дифференциальное уравнение для давления излучения:

$$\frac{dP}{dr} + \frac{1}{r}(3P - E) + \frac{cr}{c}H = 0$$

Рекомендуемая литература. ОИ: №2, Гл. 2, §§ 4 – 6; №4, Гл.5.

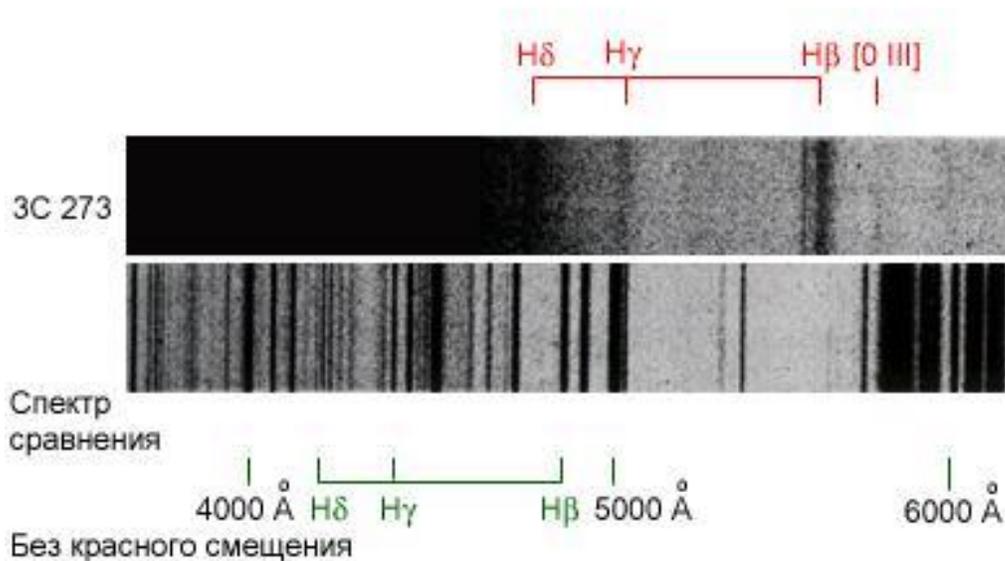
№4). По предложенному спектру квазара (см. Приложение 8.1.4., п. 5) оценить расстояние до квазара.

Практическая задача - «Изучение квазара 3C273»

А. По спектру квазара 3C273 и спектру сравнения, приведенных на рисунке, определите смещение линий в спектре квазара, а затем расстояние до квазара.

Этапы выполнения работы:

- 1) Найти масштаб фотографии *спектра сравнения*, используя пары линий $H_\delta - H_\gamma$, $H_\delta - H_\beta$, $H_\gamma - H_\beta$. Из полученных трех значений найти среднее арифметическое значение масштаба.
- 2) Определить смещение для этих трех линий в *спектре квазара* и сделать заключение о характере движения квазара относительно наблюдателя
- 3) Определить скорость движения квазара V (км/с) и оценить расстояние от него до Земли.



Б. Видимая звездная величина квазара $12,8^m$. Оцените абсолютную величину и светимость этого квазара (в светимостях Солнца).

В. Какое количество массы каждую секунду переходит в энергию в этом квазаре? По оценкам, возраст квазара составляет 10^8 лет. Какое количество массы перешло в энергию за это время?

Пояснение

Чтобы вычислить смещение линий $\Delta\lambda$, необходимо знать масштаб фотографии (спектрограммы). Для этого в спектре сравнения измеряют (в миллиметрах) расстояние l между двумя спектральными линиями с известными длинами волн λ_1 и λ_2 (выраженными в ангстремах – Å), после чего масштаб находится как $u = (\lambda_2 - \lambda_1) / l \text{ Å} / \text{мм}$. Искомое смещение линий определяется как $\Delta\lambda = u\Delta x (\text{Å})$, где Δx - измеренный (в мм) сдвиг линий в спектре квазара относительно аналогичных линий с известной длиной волны λ в спектре сравнения. Результаты удобно оформить в виде следующей таблицы

Линия	$\lambda (\text{Å})$	$\Delta x (\text{мм})$	$\Delta\lambda (\text{Å})$	$V (\text{км/с})$
H δ				
H γ				
H β				

Рекомендуемая литература. ОИ: №2, Гл. 1, § 2; №2, Гл. 5; №4; №3, Гл.4.
ДИ: №2, Гл. 5; № 16, Раздел «Квазары».

№5). Подготовить доклад (см. п.3.4 или собственная тема), желательно с презентацией на КП.

3.4. Примерный перечень тем докладов-рефератов по разделу 5.

- 1). Критическая плотность Вселенной и проблема скрытой массы.
- 2). Гравитационные линзы.
- 3). Проблема сингулярности.
- 4). Антигравитирующий вакуум.
- 5). Большой Взрыв: за и против.
- 6). Темная материя и темная энергия.
- 7). Экзосолнечные планеты.

Рекомендуемая литература. ОИ: №2, Гл.1, §3; №2, Гл.5, §§ 16, 18.

Список литературы:

обязательные источники (ОИ):

1. Сотникова Р. Т., Климушкин Д. Ю., Основы звездной эволюции и космологии. Иркутск.: РИО, 1998.
3. Сотникова Р.Т. Астрофизика. Иркутск.: РИО, 2005.
4. Мартынов Д. Я., Курс общей астрофизики. М.: Наука, 1984.
5. Соболев В. В. Курс теоретической астрофизики. М.: Наука, 1987.

дополнительные источники (ДИ):

1. Бочкарев Н. Г. Магнитные поля в космосе. М.: Наука, 1985.
2. Воронцов – Вельяминов Б.А. Внегалактическая астрономия. М.: Наука, 1978.
3. Гершберг Р. Е. Активность солнечного типа звезд главной последовательности. Одесса: Астропринт, 2002.
4. Гинзбург В. Л. О физике и астрофизике. М.:Бюро «Квантум», 1995.
5. Гуревич Л. Э., Чернин А. Д. Происхождение галактик и звезд. М.: Наука, 1987.
6. Зельдович Я. Б., Новиков И. Д. Теория тяготения и эволюция звезд. М.: Наука, 1971
7. Каплан С. Л. Физика звезд. 3-е изд. М.: Наука, 1977.
8. Каплан С. Л., Пикельнер С. Б. Физика межзвездной среды. М.: Наука, 1979.
9. Кландор-Клайнгротхаус Г. В., Штаудт А. Неускорительная физика элементарных частиц. М.:Наука, 1997 г.
10. Ландау Л. Д. Собрание трудов, т. 1. М.:Наука, 1969.
11. Липунов В. М. Астрофизика нейтронных звезд. М.: Наука, 1987.
12. Марочник Л. С., Сучков А. А. Галактика. М.: Наука, 1984.
13. Масевич А.Г.(ред.). Эруптивные звезды. М.: Изд. МИДРФ, 1997.
14. Новиков И. Д. Как взорвалась Вселенная. М.: Наука, 1988.
15. Сурдин В. Г. Рождение звезд. М.: УРСС, 2001.
16. Сюняев Р. А. (ред.) Физика космоса. 2-е изд. М.: Сов. Энцикл., 1986.
17. Черепашук А. М. Черные дыры в ядрах галактик.// Соросовский образовательный журнал, № 6, 2000.
18. Шварцшильд М. Строение и эволюция звезд. М.: Изд-во иностр. лит., 1961.

3. Содержание курса.

3.1. ГОС

Звезды и межзвездная среда. Галактики и квазары, классическая космология и очень ранняя Вселенная. Применение физических законов к изучению космических объектов (звезд, космической плазмы) и Вселенной в целом. Источники звездной энергии. Элементарные основы взаимодействия вещества и излучения. Уравнения переноса излучения и их простейшие решения. Физические процессы в источниках астрономического излучения.

5.2. Содержание программы дисциплины

1. ОСНОВЫ АСТРОФИЗИКИ.

1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗВЕЗДАХ

1.1.1. Задачи и разделы астрофизики.

1.1.2. Понятие звездных величин. Данные наблюдений: размеры звезд, их масса и температура.

1.1.3. Основные закономерности в мире звезд. Спектральная классификация звезд, краткая характеристика спектральных классов

2. МИР ГАЛАКТИК И ЕГО СВОЙСТВА.

2.1. СТРУКТУРНОСТЬ ВСЕЛЕННОЙ.

2.1.1. Наша Галактика и ее строение.

2.1.2. Межзвездная среда: межзвездная пыль, межзвездный газ, космические лучи.

2.1.3. Галактики: типы, расстояния, размеры, физические свойства.

2.1.4. Квазары.

2.2. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА МЕТАГАЛАКТИКИ.

2.2.1. Космологический принцип: однородность и изотропность Метагалактики.

2.2.2. Классическая космология: нестационарность, критическая плотность, «возраст» Вселенной.

2.2.3. Релятивистская космология. Модель «горячей» Вселенной.

2.2.4. Большой взрыв и этапы эволюции Вселенной.

3. ТЕОРИЯ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ ЗВЕЗД.

3.1. УРАВНЕНИЯ РАВНОВЕСИЯ ЗВЕЗДЫ.

3.1.1. Основная задача теории.

3.1.2. Уравнение гравитационного равновесия.

3.1.3. Уравнение энергетического равновесия.

3.1.4. Источники энергии излучения звезд.

3.2. ПРОЦЕССЫ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ ВНУТРИ ЗВЕЗД.

3.2.1. Характеристики поля излучения: интенсивность, поток, плотность.

3.2.2. Уравнение переноса излучения для сферически-симметричной модели.

3.2.3. Лучистое равновесие внутри звезды (решение уравнения переноса). Звезда, как саморегулирующаяся система.

3.2.3. Конвективный перенос энергии; критерий Шварцшильда. Уравнение конвективного переноса энергии.

3.3. МОДЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ ЗВЕЗДЫ.

- 3.3.1. Система основных дифференциальных уравнений.
- 3.3.2. Давление и средний молекулярный вес.
- 3.3.3. Генерация энергии.
- 3.3.4. Непрозрачность вещества.
- 3.3.5. Граничные условия. Теорема Фогта - Рессела. Модель современного Солнца.
- 3.4. ЭВОЛЮЦИЯ ЗВЕЗД.
- 3.4.1. Строение звезд разных масс. Заключительные стадии эволюции звезд.
- 3.4.2. Эволюция химических элементов. Сверхновые.
- 3.4.3. Эволюция Солнца.
- 4. АТМОСФЕРЫ ЗВЕЗД.
- 4.1. ЛУЧИСТОЕ РАВНОВЕСИЕ ЗВЕЗДНЫХ ФОТОСФЕР.
- 4.1.1. Задача теории фотосфер. Состояние лучистого равновесия.
- 4.1.2. Уравнение переноса излучения. Уравнение лучистого равновесия.
- 4.1.3. Теория фотосфер при коэффициенте поглощения, не зависящем от частоты ($\alpha_\nu = \alpha$).
- 4.1.4. Приближенное решение уравнений. Метод Шварцшильда-Шустера. Распределение яркости по диску звезды.
- 4.2. ИЗЛУЧЕНИЕ И ПОГЛОЩЕНИЕ В НЕПРЕРЫВНОМ СПЕКТРЕ.
- 4.2.1. Локальное термодинамическое равновесие.
- 4.2.2. Механизмы поглощения и излучения в непрерывном спектре.
- 4.2.3. Поглощение атомами водорода. Поглощение в звездах различных спектральных классов.
- 4.2.4. Модели звездных фотосфер и наблюдаемые следствия теории.
- 4.3. ЛИНИИ ПОГЛОЩЕНИЯ В СПЕКТРАХ ЗВЕЗД.
- 4.3.1. Механизмы образования спектральных линий.
- 4.3.2. Коэффициенты Эйнштейна. (Квантовая теория излучения).
- 4.3.3. Естественная ширина спектральных линий. Физические механизмы уширения.
- 4.3.4. Химический состав звездных атмосфер.
- 5. ИЗБРАННЫЕ ВОПРОСЫ АСТРОФИЗИКИ.
- 5.1. МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ В КОСМОСЕ.
- 5.1.1. Магнитное поле Земли.
- 5.1.2. Общее магнитное поле Солнца. Измерения магнитных полей.
- 5.1.3. Магнитное поле Галактики.
- 5.1.4. Магнитное поле Вселенной.
- 5.2. ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ В ЯДРАХ ГАЛАКТИК.
- 5.2.1. Свойства ядер галактик.
- 5.2.2. Определение масс ядер галактик. Определение массы ядра нашей Галактики. Новейшие наблюдения.
- 5.3. НЕЙТРИННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ СОЛНЦА.
- 5.3.1. Нейтрино, идущие от Солнца. Регистрация нейтрино: хлор – аргонный эксперимент, галлиевый эксперимент, водный детектор.

5.3.2. Нейтринные осцилляции и масса нейтрино.

5.4. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АСТРОФИЗИКИ.

5.4.1. Темная материя и темная энергия.

5.4.2. Проблема сингулярности.

5.4.3. Гравитационные линзы.

5.4.4. Голубые карлики.

3.3. **Задания по СРС.**

1). Разработать тест (15-20 вопросов) с программируемыми вариантами ответов по тематике **раздела 1** (см. пример в Приложении 8.1.1., п.13).

2). По предложенным спектрограммам (см. Приложение 8.1.2., п.4) выполнить практическую задачу: оценить скорость выброса квазара (тематика **раздела 2**).

3). Получить дифференциальные уравнения (см. Приложение 8.1.3., п.5) для двух моментов в теории переноса излучения сферически-симметричной модели звезды (тематика **раздела 3**).

4). По предложенному спектру квазара (см. Приложение 8.1.4., п. 5) оценить расстояние до квазара (тематика **раздела 4**).

3.4. **Примерный перечень тем докладов-рефератов по разделу 5.**

1). Критическая плотность Вселенной и проблема скрытой массы.

2). Гравитационные линзы.

3). Проблема сингулярности.

4). Антигравитирующий вакуум.

5). Большой Взрыв: за и против.

6). Темная материя и темная энергия.

7). Экзосолнечные планеты.

8). Классическая и релятивистская космология.

9) Состояние вещества в экстремальных условиях (вырожденный газ, нейтронные звезды, черные дыры).

3.5. **Перечень вопросов к зачету.**

- Видимая и абсолютная звездная величина. Наблюдаемые параметры звезд и закономерности.
- Межзвездная среда и ее составляющие.
- Мир галактик и его свойства.
- Классическая и релятивистская космология; сценарий Большого взрыва.
- Основная задача внутреннего строения звезд.
- Уравнение переноса излучения для сферически-симметричной модели.
- Уравнение конвективного переноса энергии.
- Принцип построения модели внутреннего строения звезд.
- Заключительные стадии эволюции звезд. Эволюция химических элементов.
- Задача теории фотосфер. Метод Шварцшильда-Шустера. Распределение яркости по диску звезды.

- Локальное термодинамическое равновесие. Поглощение в звездах различных спектральных классов.
- Механизмы образования спектральных линий. Химический состав звездных атмосфер.
- Магнитные поля в космосе.
- Определение масс ядер галактик.
- Нейтринное излучение Солнца.
- Современные проблемы астрофизики.

4. Распределение часов курса по темам (тематический план для лекций).

№ п/п	Название темы	Всего час.	Ауд. лекц.	Вне ауд.
1.	ОСНОВЫ АСТРОФИЗИКИ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗВЕЗДАХ.	4,5	4	0,5
2.	МИР ГАЛАКТИК И ЕГО СВОЙСТВА. СТРУКТУРНОСТЬ ВСЕЛЕННОЙ.	8,5	8	0,5
3.	ТЕОРИЯ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ ЗВЕЗД.	20,5	20	0,5
4.	АТМОСФЕРЫ ЗВЕЗД.	14,5	14	0,5
5.	ИЗБРАННЫЕ ВОПРОСЫ АСТРОФИЗИКИ. МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ В КОСМОСЕ.	9	8	1
	Всего:	57	54	3

5. **Форма итогового контроля**, определенная учебным планом, - зачет.

6. Список литературы:

обязательные источники:

1. Сотникова Р. Т., Климушкин Д. Ю., Основы звездной эволюции и космологии. Иркутск.: РИО, 1998.
6. Сотникова Р.Т. Астрофизика. Иркутск.: РИО, 2005.
7. Мартынов Д. Я., Курс общей астрофизики. М.: Наука, 1984.
8. Соболев В. В. Курс теоретической астрофизики. М.: Наука, 1987.

дополнительные источники:

- 19.1. Бочкарев Н. Г. Магнитные поля в космосе. М.: Наука, 1985.
20. Воронцов – Вельяминов Б.А. Внегалактическая астрономия. М.: Наука, 1978.
21. Гершберг Р. Е. Активность солнечного типа звезд главной последовательности. Одесса: Астропринт, 2002.
22. Гинзбург В. Л. О физике и астрофизике. М.: Бюро «Квантум», 1995.
23. Гуревич Л. Э., Чернин А. Д. Происхождение галактик и звезд. М.: Наука, 1987.
24. Зельдович Я. Б., Новиков И. Д. Теория тяготения и эволюция звезд. М.: Наука, 1971
25. Каплан С. Л. Физика звезд. 3-е изд. М.: Наука, 1977.
26. Каплан С. Л., Пикельнер С. Б. Физика межзвездной среды. М.: Наука, 1979.

27. Кландор-Клайнгротхаус Г. В., Штаудт А. Неускорительная физика элементарных частиц. М.: Наука, 1997 г.
28. Ландау Л. Д. Собрание трудов, т. 1. М.: Наука, 1969.
29. Липунов В. М. Астрофизика нейтронных звезд. М.: Наука, 1987.
30. Марочник Л. С., Сучков А. А. Галактика. М.: Наука, 1984.
31. Масевич А. Г. (ред.). Эруптивные звезды. М.: Изд. МИДРФ, 1997.
32. Новиков И. Д. Как взорвалась Вселенная. М.: Наука, 1988.
33. Сурдин В. Г. Рождение звезд. М.: УРСС, 2001.
34. Сюняев Р. А. (ред.) Физика космоса. 2-е изд. М.: Сов. Энцикл., 1986.
35. Черепашук А. М. Черные дыры в ядрах галактик. // Соросовский образовательный журнал, № 6, 2000.
36. Шварцшильд М. Строение и эволюция звезд. М.: Изд-во иностр. лит., 1961.

7. Методические рекомендации.

Организация учебного процесса при изучении курса «Астрофизика» соотносится с целями образования на современном этапе, направленных на **системный подход** к обучению и **интеграцию** дисциплин.

В программе определена последовательность изучения учебного материала, а содержание представлено в виде пяти блоков – разделов, отражающих *целостность* курса и *внутренние связи* учебного материала в курсе.

Программой предусмотрено использование современных **образовательных технологий**: *информационные (лекции и презентации в Power Point), проектные (мультимедиа, видео), дистанционные (Интернет) и т.п.*

Формы работы на учебных занятиях предусматривают активную позицию студентов при изучении материала, например, дополнение, обсуждение, дискуссию, элементы собственных научных исследований (п.3.3. - №2, №4), непосредственное выступление с докладом (презентации в Power Point).

8. Методические указания студентам. Изучение курса «Астрофизика» идет в плане накопительной системы, т.е. содержательная часть каждого раздела завершается контролем знаний во время лекции (см. 8.1). Кроме того, показателем успеваемости студента является обязательное выполнение всех заданий внеаудиторной работы (п.3.3. - №1; п.3.4) в течение семестра.

8.1. Приложение. (Учебно-методическое обеспечение курса).

8.1.1. **Вопросы и упражнения** к разделу ОСНОВЫ АСТРОФИЗИКИ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗВЕЗДАХ.

1. Мы видим звезды до 6^m . (Люди с острым зрением видят и менее яркие звезды 7^m). Сколько звезд 6^m могут заменить по яркости одну Венеру?
2. Оцените абсолютную звездную величину Солнца (M_C), зная только, что видимая звездная величина Солнца $m_C = -26,8$.
3. В 1987 году зафиксирована вспышка сверхновой звезды в галактике Большое Магелланово облако, расстояние от Земли до которого 55 кпк. В каком году на самом деле произошла эта вспышка? Оцените абсолютную звездную

величину этой сверхновой, если в максимуме блеска она имела видимую звездную величину около 3^m . С каким небесным объектом можно сопоставить ее яркость?

4. В нашей Галактике вспыхнула сверхновая звезда в созвездии Стрельца. Известно, что расстояние до нее составляет 15 кпк, а абсолютная звездная величина равна 19^m . Оцените ее видимую звездную величину.

5. Крабовидная туманность расширяется со скоростью около 1000 км/с. Через какое время ее размер (радиус) возрастет на 10%, если расстояние до нее равно 2 кпк, а угловой диаметр, видимый с Земли, составляет примерно 5 угловых минут?

6. Можно ли с помощью фотометра, установленного на телескопе, наблюдать звезды 12^m , если от звезды 7^m такого же спектрального класса регистрируется 4000 квантов в секунду, а уровень шума фотометра составляет 100 квантов в секунду. Объясните Ваши вычисления

7. Молодые ученые «зарегистрировали» в октябре 2000 года новый объект, напоминающий затменно-переменную звезду: звездная величина объекта, составляющая обычно $23,34^m$ каждые несколько секунд увеличивается до $24,42^m$. После исследований выяснилось, что светящийся объект – это глаза группы абсолютно черных котов, сидящих на абсолютно черном теле в нашей Солнечной системе и смотрящих в сторону Солнца! И один из котов моргает (не подмигивает)! Вычислите число котов в этой группе.

8. Две звезды имеют одинаковые размеры, но температура поверхности первой звезды равна 30000 К, а второй – 5000 К. Какая из этих звезд будет излучать больше энергии в синих лучах? в желтых? в красных?

9. Максимум излучения одной звезды приходится на 500 нм, а другой - на 1500 нм. Какая из этих звезд излучает больше на длине волны 500 нм? на длине волны 1500 нм? на длине волны 1000 нм? Каково соотношение полных энергий, излучаемых этими звездами в единицу времени, если их размеры одинаковы? Считайте звезды абсолютно черными телами.

10. Два астероида находятся на одном расстоянии от Солнца. Один – темный, поглощающий практически всё попадающее на него излучение, второй – светлый, отражающий половину падающей энергии. Первый астероид имеет среднюю температуру поверхности – 100° С. Какова средняя температура поверхности второго астероида?

11. Пять средних звезд ковша Большой Медведицы принадлежат к одному рассеянному скоплению. Оцените расстояние до этого скопления (в световых годах). Для получения некоторых исходных данных надо вспомнить ночное

небо и Большую Медведицу, средние звезды которой имеют *белый* цвет и видимую звездную величину 2^m .

(Для решения можно использовать диаграмму Герцшпрунга-Рессела).

12. С какой скоростью нужно приближаться к светофору, чтобы красный свет показался зеленым?

- Справка: Длина волны красного света равна $\sim 0,6-0,7$ мкм
Длина волны зеленого света равна $0,48$ мкм

13. Тест по астрофизике.

Гр.1411(2004-05 уч.г.г.)

1. Почему светят звёзды?

Витя

- а) за счёт флюоресценции
- б) за счёт фосфоресценции
- в) за счёт ядерной реакции
- г) за счёт термоядерной реакции

2. Что находится в центре нашей Галактики?

- а) Солнце
- б) Полярная звезда
- в) чёрная дыра
- г) тёмная материя

3. Где находится Очень Большой Телескоп (VLT) Европейской Южной обсерватории?

- а) в Европе
- б) в Австралии
- в) в Чили
- г) на орбите

4. Сколько километров в световом году?

- а) триста тысяч
- б) сто пятьдесят миллионов
- в) десять в тринадцатой
- г) вопрос поставлен некорректно

5. Что такое Большая Медведица?

- а) самка белого медведя
- б) созвездие северного полушария
- в) поэтическое название полярного сияния
- г) неграмотное название Ковша

6. На что похожа ячеисто-сотовая структура Вселенной?

- а) на пчелиные соты, только трёхмерные
- б) на губку для мытья посуды
- в) на кристаллические структуры
- г) на сыр с большим количеством дырок

7. Сколько астероидов в Солнечной системе?

- а) ни одного
- б) один
- в) четыре
- г) тьма тьмушая

8. Кто такой Хаббл?

- а) знаменитый астроном двадцатого века
- б) персонаж русских народных сказок, разновидность гоблина
- в) менеджер проекта одноимённого телескопа
- г) чемпион мира по боксу в средней весовой категории, в честь которого назван телескоп

9. Где находится пояс Койпера?

- а) в земной магнитосфере
- б) между орбитами Сатурна и Урана
- в) за орбитой Нептуна
- г) в созвездии Ориона

10. Как определяют расстояния до квазаров?

- а) на глаз
- б) методом радиолокации

- в) методом параллакса
 - г) по смещению линий в спектре
- 11. Что такое двойная звезда?**
- а) на самом деле это две звезды, обращающиеся около общего гравитационного центра
 - б) звезда, светящаяся с удвоенной яркостью
 - в) эффект раздвоения изображения в телескопе с некачественно отшлифованным объективом
 - г) две слипшихся звезды
- 12. Во время элонгации Венера видна как объект минус четвёртой звёздной величины. Но Венера - это планета, а не звезда. Почему тогда освещённость, создаваемую ею, измеряют в звёздных величинах?**
- а) это недоразумение
 - б) это исторический курьёз, сохранившийся как дань традиции
 - в) звёздная величина - это универсальная мера освещённости для всех космических объектов независимо от их природы
 - г) данный парадокс лишён смысла, так как в его формулировке допущена фактическая ошибка
- 13. Местонахождение звёзд главной последовательности:**
- а) на диагонали диаграммы Герцшпрунга-Рессела
 - б) в плоскости эклиптики
 - в) на периферии Галактики
 - г) внутри шаровых скоплений
- 14. Что такое чёрная дыра?**
- а) погасший белый карлик
 - б) тело, сжавшееся до размера меньше гравитационного радиуса
 - в) пустая область пространства между скоплениями галактик
 - г) то же самое, что белая дыра, но состоящая из антиматерии
- 15. В чём сущность эффекта гравитационного линзирования?**
- а) фокусировка гравитационных волн в гравитационных детекторах
 - б) прохождение света сквозь линзовидную галактику
 - в) искривление пути света, проходящего вблизи массивных объектов
 - г) поглощение гравитационных волн чёрными дырами
- 16. Какого цвета Солнце?**
- а) белого
 - б) жёлтого
 - в) красного
 - г) зелёного
- 17. Из чего большей частью состоит Вселенная?**
- а) из светлой материи
 - б) из тёмной материи
 - в) из светлой энергии
 - г) из тёмной энергии
- 18. Что излучает чёрная дыра?**
- а) ничего
 - б) гравитационные волны
 - в) рентгеновское излучение
 - г) излучение абсолютно чёрного тела
- 19. Каков характерный размер пульсаров?**
- а) десять километров
 - б) сто миллионов километров
 - в) десять парсек
 - г) триста мегапарсек
- 20. Какая звезда ближайшая к Солнцу?**
- а) Толиман (альфа Центавра)
 - б) Проксима Центавра
 - в) Вольф 359
 - г) Сириус В
- 21. Как рождаются звёзды?**
- а) конденсируются из межзвёздных облаков
 - б) размножаются простым делением пополам
 - в) развиваются из планет-зародышей
 - г) в настоящее время звёзды не рождаются, все они сформировались на ранних стадиях Вселенной

22. Есть ли в межзвёздном газе органические соединения?
- да
 - нет
 - это зависит от времени суток
 - вопрос поставлен некорректно
23. Что из себя представляет Малое Магелланово Облако?
- остаток сверхновой
 - звёздную ассоциацию
 - облако ионизированного газа
 - неправильную галактику
24. Как называются объекты, промежуточные между звёздами и планетами?
- планетозвёзды
 - планетоиды
 - красные карлики
 - коричневые карлики
25. Чем являются пятна на Солнце?
- ударными и вулканическими кратерами
 - атмосферными вихрями
 - месторождениями нефти
 - областями пониженной температуры
26. Самое распространённое химическое вещество во Вселенной - это...
- вода
 - спирт
 - гелий
 - водород

8.1.2. Вопросы и упражнения к разделу МИР ГАЛАКТИК И ЕГО СВОЙСТВА.

1. Некоторая галактика наблюдается как диск с угловым размером около $0,5'$, а красное доплеровское смещение в спектрах этой галактики составляет 2%. Сравните эту галактику с нашей по размерам. Постоянную Хаббла считать равной $H = 75 \text{ км /с Мпк}$. Размер нашей Галактики принять 30 кпк.

2. Угловой размер эллиптической галактики $d = 3'$, а линия поглощения водорода H_β в ее спектре имеет длину волны $\lambda = 4866 \text{ \AA}$ и ширину $\sigma = 3 \text{ \AA}$ (расширение спектральных линий в галактиках связано с тем, что часть звезд движется к нам, а часть – от нас, что обусловлено вращением галактики). Оцените массу галактики. Лабораторная длина волны линии H_β равна $\lambda_0 = 4861 \text{ \AA}$. (1 \AA – ангстрем, единица длины, равная 10^{-8} см .)

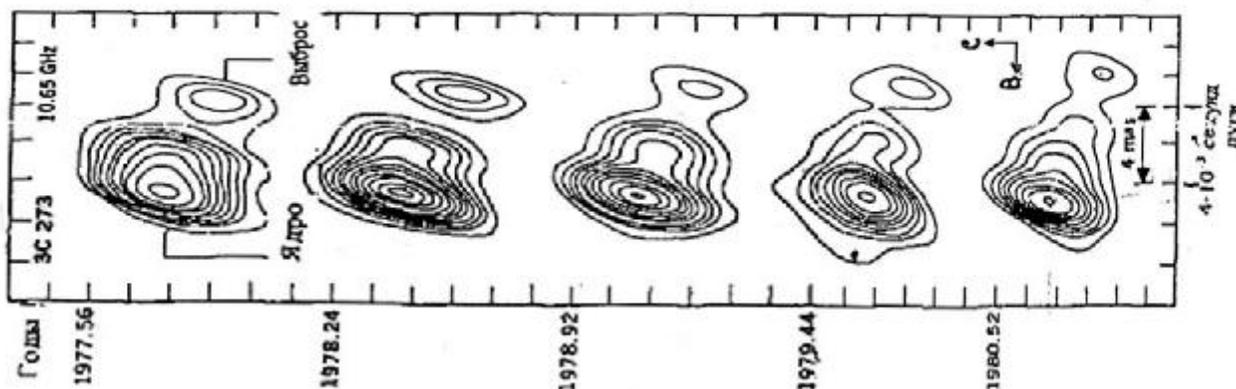
3. В двойной системе, состоящей из двух одинаковых звезд солнечной массы ($2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$), линии H_α (6563 \AA) периодически раздваиваются, и их компоненты расходятся на $1,3 \text{ \AA}$. Найдите линейное расстояние между звездами, если луч зрения лежит в плоскости орбиты.

4. Практическая задача «Выброс квазара 3C273».

1.1. Измерьте видимое смещение выброса из ядра квазара 3C273 (радиокарта на рисунке) за несколько лет и оцените скорость его движения. Расстояние до квазара принять равным 600 Мпк.

1.2. Прокомментируйте полученное вами значение скорости движения выброса.

1.3. Видимая звездная величина квазара 3C273 равна $12,8^m$. Оцените абсолютную величину и светимость этого квазара (в светимостях Солнца). Сравните со светимостью нашей Галактики (приблизительно).



8.1.3. Вопросы и упражнения к разделу ТЕОРИЯ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ ЗВЕЗД.

1. Известно, что светимость Веги в 85 раз больше светимости Солнца, а ее спектральный класс A0. Со временем Вега может превратиться в *нейтронную звезду* с радиусом порядка 14 км. Оцените период вращения нейтронной звезды сразу после ее образования. Потери массы при *эволюции звезды* не учитывать, а современный период вращения Веги принять равным солнечному.

2. а) Каким станет радиус Солнца, если оно вдруг внезапно превратится в *нейтронную звезду* (масса Солнца M_C останется прежней, т.е. $2 \cdot 10^{30}$ кг)?

б) Изменятся ли при этом скорость и период вращения Солнца? (Современный радиус Солнца $R_C = 7 \cdot 10^5$ км, а средняя плотность его вещества $\rho_C = 1,4$ г/см³. Плотность нейтронной звезды считать $\rho = 2 \cdot 10^{14}$ г/см³).

в) Возможна ли стадия нейтронной звезды в *эволюции* Солнца?

г) Какие из реально существующих объектов могут претендовать на роль нейтронных звезд? Почему?

3. Инженеры одного из университетов описали метод утилизации старых военных кораблей: делать из них маленькие *черные дыры*! Оцените диаметр черной дыры из корабля массой 5000 тонн. Какие физические объекты имеют размеры такого порядка? Опишите, как распространяется видимый свет около такой черной дыры. Гравитационная постоянная равна $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м² / кг².

4. Максимум энергии в спектре Солнца приходится на диапазон длин волн вблизи 470 нм. Считая Солнце абсолютно черным телом, рассчитайте, на сколько уменьшается ежегодно масса Солнца за счет излучения. Через сколько лет масса Солнца уменьшится на 10%? Масса Солнца равна $2 \cdot 10^{30}$

кг. Диаметр Солнца считать равным $1,4 \cdot 10^9$ м. Постоянная Вина равна $b = 2,898 \cdot 10^{-3}$ м · К.

Постоянная Стефана-Больцмана $\sigma = 5,671 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м · К). Один год содержит примерно $3,16 \cdot 10^7$ секунд.

5. По заданной интенсивности I_ν можно определить и другие величины, характеризующие поле излучения. Три первых её момента:

плотность энергии излучения
$$E = \frac{1}{c} \int I_\nu \cos^0 q \, d\omega,$$

поток излучения
$$H = \int I \cos q \, d\omega,$$

лучистое давление
$$P = \frac{1}{c} \int I \cos^2 q \, d\omega.$$

Для первых двух моментов можно получить дифференциальные уравнения, образуя их из основного уравнения переноса

$$\frac{dI}{dr} \cos q - \frac{dI}{dq} \frac{\sin q}{r} + Icr - \frac{1}{4p} jr = 0,$$

т.е. умножая его на соответствующие степени $\cos\theta$ и интегрируя по всем направлениям.

Задание 1) Умножив уравнение переноса на $\cos^0\theta$ и решив его, получить дифференциальное уравнение для потока излучения:

$$\frac{dH}{dr} + \frac{2}{r} H + ccrE - jr = 0$$

Задание 2) Умножив уравнение переноса на $\cos\theta$ и решив его, получить дифференциальное уравнение для давления излучения:

$$\frac{dP}{dr} + \frac{1}{r} (3P - E) + \frac{cr}{c} H = 0$$

6. Что больше, *пульсар* или *квазар*? Почему вы дали именно такой ответ.

8.1.4. Вопросы и упражнения к разделу АТМОСФЕРЫ ЗВЕЗД.

1. Что называется *солнечным ветром*, как образуется этот ветер, как он действует на планеты и как далеко «дует» в солнечной системе?

2. *Солнечный ветер* состоит из протонов, летящих со скоростью 300 км/с и заполняющих в районе земной орбиты межпланетное пространство в количестве 10 частиц на 1 см^3 . Определить с какой силой дует этот ветер на Луну, $m_p = 1,6 \cdot 10^{-24}$ г; $R_L = 1737$ км.

3. Из короны Солнца в межпланетное пространство постоянно идет поток протонов (*солнечный ветер*), средняя плотность которого вблизи орбиты Земли составляет 10^{12} протон/($\text{м}^2 \cdot \text{сек}$). Вычислить, на какую долю (в про-

центах) уменьшается масса Солнца за один год. Считать, что испускание протонов происходит равномерно по всем направлениям от Солнца.

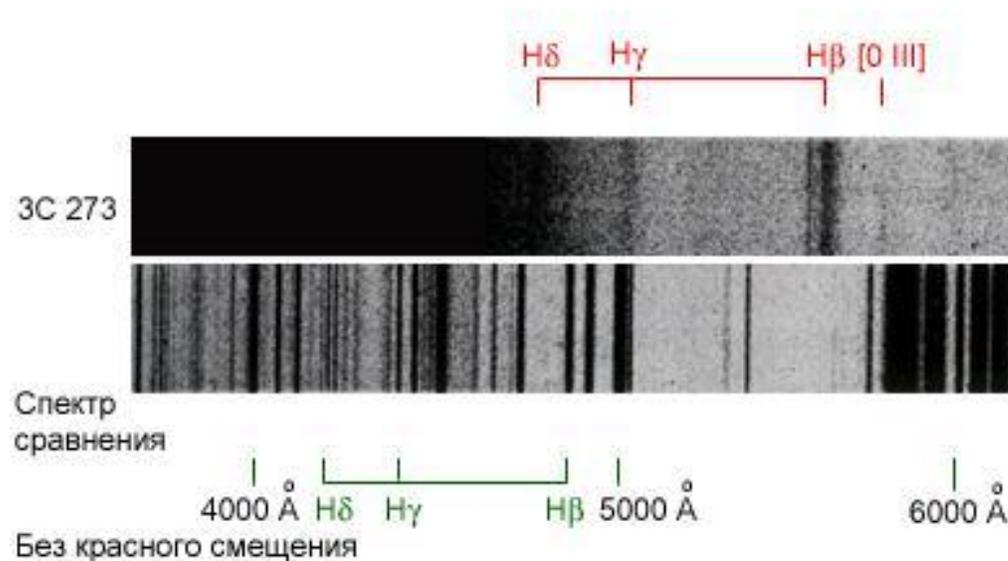
4. Почему *солнечный диск* виден нам у краев темнее, чем около центра?

5. Практическая задача - «Изучение квазара 3С273»

А. По спектру квазара 3С273 и спектру сравнения, приведенных на рисунке, определите смещение линий в спектре квазара, а затем расстояние до квазара.

Этапы выполнения работы:

- 1) Найти масштаб фотографии *спектра сравнения*, используя пары линий $H_{\delta} - H_{\gamma}$, $H_{\delta} - H_{\beta}$, $H_{\gamma} - H_{\beta}$. Из полученных трех значений найти среднее арифметическое значение масштаба.
- 2) Определить смещение для этих трех линий в *спектре квазара* и сделать заключение о характере движения квазара относительно наблюдателя
- 4) Определить скорость движения квазара V (км/с) и оценить расстояние от него до Земли.



Б. Видимая звездная величина квазара $12,8^m$. Оцените абсолютную величину и светимость этого квазара (в светимостях Солнца).

В. Какое количество массы ежесекундно переходит в энергию в этом квазаре? По оценкам, возраст квазара составляет 10^8 лет. Какое количество массы перешло в энергию за это время?

Пояснение

Чтобы вычислить смещение линий $\Delta\lambda$, необходимо знать масштаб фотографии (спектрограммы). Для этого в спектре сравнения измеряют (в милли-

метрах) расстояние l между двумя спектральными линиями с известными длинами волн λ_1 и λ_2 (выраженными в ангстремах – Å), после чего масштаб находится как $u = (\lambda_2 - \lambda_1) / l \text{ Å} / \text{мм}$. Искомое смещение линий определяется как $\Delta\lambda = u\Delta x (\text{Å})$, где Δx - измеренный (в мм) сдвиг линий в спектре квазара относительно аналогичных линий с известной длиной волны λ в спектре сравнения. Результаты удобно оформить в виде следующей таблицы

Линия	$\lambda (\text{Å})$	$\Delta x (\text{мм})$	$\Delta\lambda (\text{Å})$	$V (\text{км/с})$
H $_{\delta}$				
H $_{\gamma}$				
H $_{\beta}$				

8.1.5. **Вопросы и упражнения** к разделу ИЗБРАННЫЕ ВОПРОСЫ АСТРОФИЗИКИ. МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ В КОСМОСЕ.

1. Подготовить доклад (см. п.3.4 или собственная тема), желательно с КП.

.....
 *) Предлагаемый курс опирается на авторские учебные пособия, в достаточном количестве обеспечивающие учебный процесс.