

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт астрономии Российской академии наук (ИНАСАН)

УТВЕРЖДЕНО  
Ученым советом ИНАСАН  
Протокол № 17/4 от 05.06.2017г.  
Председатель Ученого совета  
чл.-корр. РАН Д.В. Бисикало



**Программа кандидатского экзамена по специальности**

**01.03.02 Астрофизика и звездная астрономия**

Подготовка кадров высшей квалификации  
по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

Направление подготовки  
03.06.01 Физика и астрономия

Москва  
2017

## **Введение**

В основу данной программы положены следующие дисциплины: общий курс астрофизики, курс практической астрофизики, теоретическая астрофизика. Программа разработана комиссией по модификации образовательной программы ИНАСАН на основе типовой программы-минимум, утвержденной приказом Минобрнауки России от 08 октября 2007 г. № 274.

### **1. Приборы и методы астрофизики**

- 1.1. Основные параметры приемников излучения в различных диапазонах. Виды приемников излучения.
- 1.2. Оптические телескопы и их основные параметры. Оптические схемы телескопов. Экваториальные и азимутальные установки. Активная и адаптивная оптика. Основные наземные оптические телескопы.
- 1.3. Принципы спектрального анализа. Типы спектральных приборов. Спектральное разрешение и определяющие его факторы.
- 1.4. Солнечные телескопы: целостат, коронограф.
- 1.5. Поляризационные наблюдения в разных диапазонах.
- 1.6. Радиотелескопы, принцип работы. Различные типы антенн (параболические, дипольные, антенные решетки). Эффективная площадь антенны. Размер и форма диаграммы направленности. Основные радиотелескопы.
- 1.7. Принципы интерферометрии. Оптические и радиоинтерферометры. Спекл-интерферометрия.
- 1.8. Внеатмосферные наблюдения. Основные инфракрасные, ультрафиолетовые, рентгеновские и гамма-обсерватории.
- 1.9. Шкала звездных величин и показателей цвета. Фотометрические системы. Современные методы фотометрии.
- 1.10. Методы определения расстояний до астрономических объектов.
- 1.11. Методы обнаружения экзопланет и определения их параметров.

### **2. Основы теоретической астрофизики**

- 3.1. Основные характеристики поля излучения. Элементарные процессы излучения и поглощения электромагнитных квантов. Космические источники теплового и нетеплового излучения в различных областях спектра.
- 3.2. Механизмы переноса энергии. Уравнение переноса излучения. Локальное термодинамическое равновесие.
- 3.3. Модели звездных атмосфер. Основные предположения и уравнения теории звездных атмосфер. Источники поглощения в континууме в атмосферах звезд и форма непрерывных спектров для звезд различных классов. Эддингтоновский предел светимости.
- 3.4. Механизмы образования линий поглощения. Механизмы уширения линий и профили поглощения. Понятие синтетического спектра. Понятие эквивалентной ширины линий. Кривая роста.

3.5. Фотометрические и спектроскопические методы определения эффективной температуры и поверхностного ускорения силы тяжести звезд. Химический состав звездных атмосфер.

3.6. Принципы определения скорости вращения и магнитного поля звезд.

3.7. Теория космического радиоизлучения. Тормозное излучение плазмы. Магнитотормозное излучение. Синхротронное излучение релятивистских электронов. Обратный Комптон-эффект.

### **3. Солнечная система**

3.1. Основные характеристики планет (масса, плотность, характер вращения, свойства атмосферы, магнитные поля, условия на поверхности). Наземные и космические методы исследования тел Солнечной системы.

3.2. Малые тела Солнечной системы. Спутники и кольца планет. Астероиды и пояса астероидов. Кометы.

3.3. Межпланетная среда: состав, физические и химические свойства.

### **4. Звезды**

4.1. Основные характеристики Солнца как звезды. Внутреннее строение. Фотосфера. Хромосфера. Корона. Солнечный ветер. Представление о гелио- и астросейсмологии.

4.2. Фигуры равновесия небесных тел.

4.3. Основные характеристики звезд. Соотношения между основными параметрами звезд. Распределения звезд по массам и светимостям.

4.4. Методы определения масс звезд из наблюдений.

4.5. Методы определения размеров звезд из наблюдений.

4.6. Источники энергии на различных стадиях эволюции звезд. Уравнения, описывающие внутреннее строение звезд. Строение звезд различных спектральных классов.

4.7. Спектральная классификация звезд, ее физическая интерпретация.

4.8. Диаграмма Герцшпрунга-Рессела.

4.9. Эволюционные треки звезд различной массы на диаграмме Герцшпрунга-Рессела.

4.10. Начальные стадии звездной эволюции. Начальная главная последовательность. Звезды типа Т Тельца и Ae/Be Хербига.

4.11. Конечные стадии звездной эволюции. Вырожденные звезды (белые карлики), нейтронные звезды. Уравнение состояния вырожденного газа. Предельная масса белых карликов и нейтронных звезд. Черные дыры.

4.12. Двойные и кратные звезды. Оценка масс и других характеристик компонентов двойных систем.

4.13. Методы определения параметров орбит двойных звезд.

4.14. Тесные двойные системы и особенности их эволюции. Аккреция на компактные объекты. Рентгеновские источники в двойных системах. Новые звезды. Барстеры. Катаклизмические переменные.

4.15. Переменные и нестационарные звезды.

4.16. Пульсирующие переменные (цефеиды, долгопериодические переменные, переменные типа RR Лиры).

4.17. Сверхновые звезды, типы сверхновых, наблюдаемые особенности. Современные представления о процессах, приводящих к взрыву. Роль сверхновых в обогащении межзвездной среды тяжелыми элементами.

## 5. Галактика

5.1. Строение Галактики. Звездные населения и подсистемы. Спиральная структура Галактики. Ядро Галактики.

5.2. Фазы и компоненты межзвездной среды. Механизмы нагрева и охлаждения межзвездного газа. Молекулярные облака, области HI и HII, корональный газ.

5.3. Межзвездная пыль. Собственное излучение пыли. Межзвездное поглощение и его учет.

5.4. Звездная кинематика. Движение Солнца относительно звезд. Вращение Галактики. Связь кинематических свойств с пространственным распределением объектов.

5.5. Звездная динамика. Фазовая плотность и уравнение Больцмана для звездных систем. Интегралы движения. Теорема вириала и ее применение. Регулярные и иррегулярные силы. Время релаксации. Интеграл столкновений.

5.6. Гравитационная устойчивость тонкого вращающегося диска. Дисперсионное уравнение. Спиральные ветви, представление о волнах плотности.

5.7. Ударные волны в межзвездной среде. Остатки сверхновых и их эволюция.

5.8. Звездные скопления и ассоциации. Определение характеристик по диаграммам Герцшпрунга-Рессела.

5.9. Основы теории звездообразования. Гравитационная неустойчивость. Области звездообразования.

5.10. Протопланетные диски. Формирование планетных систем. Экзопланеты и экзопланетные системы.

## 6. Внегалактическая астрономия и элементы космологии

6.1. Классификация галактик. Особенности структуры галактик разных морфологических типов.

6.2. Размеры, светимость, скорость вращения и масса галактик, методы их определения.

6.3. Кривые вращения галактик и проблема существования темного гало.

6.4. Галактики с активными ядрами. Квазары.

6.5. Шкала расстояний во Вселенной.

6.6. Закон Хаббла. Крупномасштабное распределение галактик.

6.7. Группы и скопления галактик. Взаимодействующие галактики. Межгалактический газ.

6.8. Основные космологические модели, понятие критической плотности и космологической постоянной. Возраст Вселенной. Lambda-CDM модель.

- 6.9. Реликтовое излучение, его происхождение и флуктуации яркости. Ранние стадии расширения Вселенной. Первичный нуклеосинтез.
- 6.10. Проблема образования галактик. Галактики на больших красных смещениях.

### Литература

1. Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика, Фрязино: Век-2, 2006.
2. Соболев В.В. Курс теоретической астрофизики. М.: Наука, 1985.
3. Мартынов Д.Я. Курс практической астрофизики, М.: Наука, 1977.
4. Маров М.Я. Космос: от Солнечной системы вглубь Вселенной, М.: ФИЗМАТЛИТ, 2016.
5. Звезды. Ред.-сост. Сурдин В.Г. М.: Физматлит, 2008.
6. Галактики. Ред.-сост. Сурдин В.Г. М.: Физматлит, 2013.
7. Марочник Л.И., Сучков А.А., Галактика. М.: Наука, 1986.
8. Бочкарев Н.Г. Основы физики межзвездной среды. Изд. 2-е. М.: УРСС, 2010.
9. Грей Д. Наблюдения и анализ звездных фотосфер. М.: Мир, 1980.
10. Михалас Д. Звездные атмосферы. М.: Мир, 1982.
11. Бисикало Д. В., Жилкин А. Г., Боярчук А. А. Газодинамика тесных двойных звезд. Физматлит, 2013.
12. Долгов А.Д., Зельдович Я.Б., Сажин М.В. Космология ранней Вселенной. М.: Изд-во МГУ, 1988.
13. Физика космоса: маленькая энциклопедия. М.: Сов. энциклопедия, 1986.

### Составители:

к.ф.-м.н. С.И. Барабанов  
 к.ф.-м.н. С.В. Верещагин  
 д.ф.-м.н. Д.З. Вибе  
 к.ф.-м.н. А.П. Карташова  
 к.ф.-м.н. А.А. Ключков  
 к.ф.-м.н. Д.А. Ковалева  
 д.ф.-м.н. О.Ю. Малков  
 д.ф.-м.н. Л.И. Машонкина  
 д.ф.-м.н. Л.В. Рыхлова  
 к.ф.-м.н. Н.В. Чупина