

ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА
по специальности 01.03.02 «Астрофизика и звёздная астрономия»

по физико-математическим наукам, по техническим наукам

1. Приборы и методы астрофизики

- 1.1. Оптические телескопы. Эффективность телескопов, связь с качеством изображения. Методы достижения высокого углового разрешения. Активная и адаптивная оптика.
- 1.2. Принципы спектрального анализа. Спектрографы. Спектральное разрешение и факторы, его определяющие.
- 1.3. Солнечные телескопы: целостат, коронограф. Принципы измерения магнитных полей на Солнце.
- 1.4. Приемники оптического излучения. Приборы с зарядовой связью. Понятие квантового выхода. Особенности регистрации инфракрасного излучения.
- 1.5. Шкала звездных величин и показателей цвета. Фотометрические системы. Современные методы фотоэлектрической фотометрии. Поляризационные наблюдения.
- 1.6. Радиотелескопы, принцип работы. Различные типы антенн (параболические, дипольные, антенные решетки). Эффективная площадь антенны. Размер и форма диаграммы направленности.
- 1.7. Радиометры. Антенная температура, шумовая температура, полоса пропускания, чувствительность.
- 1.8. Принципы интерферометрии. Радиоинтерферометры. Метод апертурного синтеза. Радиотелескопы с незаполненной апертурой. Интерферометрия со сверхдлинными базами. Угловое разрешение интерферометров.
- 1.9. Оптические телескопы. Оптические схемы рефлекторов и зеркально-линзовых телескопов. Механические конструкции телескопов. Экваториальные и азимутальные установки.
- 1.10. Аберрации оптических систем, способы их уменьшения. Влияние атмосферы на изображение точечного объекта. Методы повышения качества изображения. Активная и адаптивная оптика.
- 1.11. Принципы спектрального анализа. Спектральное разрешение и его зависимость от параметров спектрографа и диспергирующего элемента.
- 1.12. Классический дифракционный спектрограф. Эшелле-спектрограф. Получение спектра с использованием интерферометра Фабри-Перо.
- 1.13. Отношение сигнал/шум приемника излучения, понятие квантового выхода. Основные источники шумов приемника и методы их уменьшения.
- 1.14. Шкала звездных величин и показателей цвета. Фотометрические системы. Современные методы фотоэлектрической фотометрии. Фотоэлектрический фотометр.
- 1.15. Антенны радиотелескопов. Облучатели. Требования, предъявляемые к механическим конструкциям антенн. Ближняя и дальняя зоны антенн. Шумовая температура и эффективная площадь антенны. Размер и форма диаграммы направленности.
- 1.16. Радиометры. Антенная температура, шумовая температура, полоса пропускания, чувствительность. Акустооптические спектрометры.
- 1.17. Принципы интерферометрии. Радиоинтерферометры. Метод апертурного синтеза. Радиотелескопы с незаполненной апертурой. Интерферометрия со сверхдлинными базами. Угловое разрешение интерферометров.

- 1.18. Абсолютное и относительное измерение потоков радиоизлучения, точность измерений. Оценка линейной и круговой поляризации радиоизлучения.
- 1.19. Внеатмосферные наблюдения, решаемые задачи. Приемники излучения, используемые для далекой инфракрасной и ультрафиолетовой области, рентгеновской и гамма-областях. Инфракрасные, ультрафиолетовые, рентгеновские и гамма-обсерватории.

2. Солнце и Солнечная система

- 2.1. Основные характеристики Солнца как звезды. Внутреннее строение. Фотосфера. Хромосфера. Корона. Солнечный ветер.
- 2.2. Активные образования на Солнце, связь с магнитными полями. Солнечные вспышки и сопровождающие их явления. Рентгеновское излучение Солнца. Спокойное и спорадическое радиоизлучение. Представление о гелиосейсмологии.
- 2.3. Основные характеристики планет (масса, плотность, характер вращения, свойства атмосферы, магнитные поля, условия на поверхности). Наземные и космические методы исследования тел солнечной системы.
- 2.4. Малые тела Солнечной системы. Спутники и кольца планет. Астероиды и пояса астероидов. Кометы.
- 2.5. Физическое состояние межпланетной среды. Метеорное вещество.
- 2.6. Радиоизлучение планет. Радиолокационные методы исследования планет и малых тел солнечной системы.

3. Звезды

- 3.1. Спектральная классификация звезд, ее физическая интерпретация.
- 3.2. Светимости, эффективные температуры и показатели цвета звезд. Прямые и косвенные методы определения из наблюдений размеров и масс звезд.
- 3.3. Источники энергии на различных стадиях эволюции звезд. Термоядерные реакции. Эволюционные треки звезд различной массы на диаграмме Герцшпрунга - Рассела (диаграмме цвет-светимость). Конечные стадии звездной эволюции.
- 3.4. Вырожденные звезды (белые карлики), нейтронные звезды, черные дыры, их физические свойства и наблюдаемые проявления. Радиопульсары.
- 3.5. Двойные и кратные звезды. Затменно-переменные. Функция масс и оценка масс компонент в двойных системах.
- 3.6. Тесные двойные системы и особенности их эволюции. Аккреция на компактные звезды. Рентгеновские источники в двойных системах. Новые звезды. Барстеры.
- 3.7. Переменные и нестационарные звезды. Пульсирующие переменные (цефеиды, долгопериодические переменные, переменные типа КК Лиры). Звезды с оболочками (Ве, МК). Звезды типа Т Тельца. Объекты Ae/Be Херbiga. Катаклизмические переменные.
- 3.8. Сверхновые звезды, типы сверхновых, наблюдаемые особенности. Процессы, приводящие к взрыву. Роль сверхновых в обогащении межзвездной среды тяжелыми элементами.

4. Основы теоретической астрофизики

- 4.1. Элементарные процессы излучения и поглощения электромагнитных квантов. Излучение и распространение радиоволн в тепловой плазме. Космические источники теплового и нетеплового излучения в различных областях спектра.
- 4.2. Механизмы переноса энергии. Уравнение переноса. Локальное термодинамическое равновесие. Эддингтоновский предел светимости.

- 4.3. Источники поглощения в континууме в атмосферах звезд и форма непрерывных спектров для звезд различных классов.
- 4.4. Модели звездных атмосфер. Механизмы образования линий поглощения. Понятие эквивалентной ширины линий. Профили линий, механизмы уширения линий. Кривая роста. Химический состав звездных атмосфер.
- 4.5. Уравнения, описывающие внутреннее строение звезд. Строение звезд различных спектральных классов. Уравнение состояния вырожденного газа. Предельная масса белых карликов и нейтронных звезд.
- 4.6. Теория космического радиоизлучения. Тормозное излучение плазмы. Магнитотормозное излучение. Синхротронное излучение релятивистских электронов. Время высвечивания. Обратный Комптон-эффект.

5. Галактика

- 5.1. Строение Галактики. Звездные населения и подсистемы. Спиральная структура Галактики, наблюдаемые проявления. Ядро Галактики.
- 5.2. Звездные скопления и ассоциации. Интерпретация диаграмм цвет-звездная величина.
- 5.3. Звездная кинематика. Движение Солнца относительно звезд. Вращение Галактики. Связь кинематических свойств с пространственным распределением объектов.
- 5.4. 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.
- 5.5. Гравитационная устойчивость тонкого вращающегося диска. Дисперсионное уравнение. Спиральные ветви, представление о волнах плотности.
- 5.6. Физическое состояние межзвездного газа. Молекулярные облака, области H I и H II, корональный газ, мазерные конденсации. Механизмы излучения газа в различных состояниях.
- 5.7. Оптическое излучение межзвездного газа. Запрещенные линии. Газовые туманности различных типов. Радиолинии. Мазерные источники.
- 5.8. Диагностика плазмы: мера дисперсии, мера вращения, тепловое радиоизлучение.
- 5.9. Ударные волны в межзвездной среде. Остатки сверхновых и их эволюция.
- 5.10. Гравитационная неустойчивость газовой среды и конденсация газа. Протозвезды и молодые звезды. Околзвездные диски. Области звездообразования.
- 5.11. Межзвездная пыль, наблюдаемые проявления. Собственное излучение пыли. Межзвездное поглощение и его учет.
- 5.12. Межзвездные магнитные поля, наблюдаемые проявления. Понятие вмороженности поля. Космические лучи, их проявления, основные источники. Распространение космических лучей в магнитном поле Галактики.

6. Внегалактическая астрономия и элементы космологии

- 6.1. Классификация галактик. Особенности структуры галактик разных морфологических типов. Содержание газа и звездообразование в галактиках.
- 6.2. Размеры, светимость, скорость вращения и масса галактик, принципы их оценок. Проблема существования темного гало. Карликовые галактики, наблюдаемые особенности.
- 6.3. Группы и скопления галактик. Взаимодействующие галактики. Межгалактический газ в системах галактик.
- 6.4. Галактики с активными ядрами. Квазары. Представление о механизмах активности.
- 6.5. Радиоизлучение галактик и их ядер. Радиогалактики: мощность радиоизлучения, радиоструктура. Радиоджеты.
- 6.6. Шкала расстояний, закон Хаббла. Крупномасштабное распределение галактик.

- 6.7. Фридмановские модели расширяющейся Вселенной, понятие критической плотности и космологической постоянной. Постоянная Хаббла и "возраст" Вселенной.
- 6.8. Реликтовое излучение, его происхождение. Флуктуации яркости. Ранние стадии расширения Вселенной. Первичный нуклеосинтез.
- 6.9. Проблема образования галактик. Ожидаемые свойства молодых галактик. Галактики на больших красных смещениях.

Основная литература

1. Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика, М.: Век-2, 2015
2. Мартынов Д.Я. Курс практической астрофизики, М.: Наука, 1977.
3. Мартынов Д.Я. Курс общей астрофизики, М.: Наука, 1988.
4. Физика космоса: маленькая энциклопедия. М.: Сов. энциклопедия, 1986.
5. Грей Д. Наблюдения и анализ звездных фотосфер. М.: Мир, 1980.
6. Куликовский П.Г. Звездная астрономия. М.: Наука, 1985.
7. Марочник Л.И., Сучков А.А., Галактика. М.: Наука, 1986.
8. Краус Дж. Радиоастрономия. М.: Сов. радио, 1972.
9. Липунов В.М. Астрофизика нейтронных звезд. М.: Наука, 1987.
10. Соболев В.В. Курс теоретической астрофизики. М.: Наука, 1985.
11. Щеглов П.В. Проблемы оптической астрономии. М.: Наука, 1986.
12. Рузмайкин А.А., Соколов Д.Д., Шукуров А.М.: Магнитные поля галактик. М.: Наука, 1988.
13. Гоффмейстер К., Рихтер Г., Венцель В. Переменные звезды. М.: Наука, 1990.

Дополнительная литература

1. Многоканальная астрономия. Под ред. А.М. Черепашука.. М.: Век-2, 2019.
2. Сим Э.,Триттон К. Детекторы слабого излучения в астрономии. М.: Мир, 1986
3. Сильченко О.К. Происхождение и эволюция галактик. М.: Век-2, 2017.
4. Каплан С.А., Пикельнер С.Б. Физика межзвездной среды. М.: Наука, 1979.
5. Сотникова Р.Т., Вайнштейн В.Г. Введение в гелиофизику. Иркутск: ИГУ, 2013.
6. Христиансен У., Хегбом И. Радиотелескопы. М.: Мир, 1988.
7. Верхованов О.В., Парийский Ю.Н. Радиогалактики и космология М.: Физматлит, 2009.
8. Москаленко Е.И. Методы внеатмосферной астрономии. М.: Наука, 1984.
9. Михалас Звездные атмосферы. М.: Мир, 1982.
10. Рольфс К. Лекции по теории волн плотности. М.: Мир, 1980.
11. Шапиро С.А., Тьюколски С.А. Черные дыры, белые карлики и нейтронные звезды. М.: Мир, 1985.
12. Саслау Ч. Гравитационная физика звездных и галактических систем. М.: 1989.
13. Долгов А.Д., Зельдович Я.Б., Сажин М.В. Космология ранней Вселенной. М.: Изд-во МГУ, 1988.

Примечания

По физико-математическим наукам - разделы 1(пункты 1.1-1.8), 2 – 6 программы.

По техническим наукам - разделы 1(пункты 1.9-1.19), 2, 3, 5(пункты 5.1-5.3, 5.11), 6 программы.

Зав. кафедрой астрофизики и звёздной астрономии
профессор

К.А. Постнов