

Предисловие

I Релятивистская астрофизика

1 Равновесие и устойчивость звезд

- 1.1. Предмет изучения -- астрономические объекты в условиях сильной гравитации и при больших скоростях
- 1.2. Равновесие звезды
- 1.3. Политропное уравнение состояния
- 1.4. Политропные звезды
- 1.5. Теорема вириала и устойчивость звезды

2 Белые карлики и нейтронные звезды

- 2.1. Уравнение состояния при больших плотностях и температурах. Белые карлики. Чандрасекаровский предел массы
- 2.2. Уравнение Оппенгеймера--Волкова. Нейтронные звезды
- 2.3. Кулоновский кристалл
- 2.4. Неравновесный слой
- 2.5. Кварковые звезды
- 2.6. Предел массы нейтронной звезды

3 Черные дыры

- 3.1. Уравнения общей теории относительности
- 3.2. Сферически-симметричное поле в пустоте: решение Шварцшильда (1916)
- 3.3. Гравитационный радиус и горизонт событий
- 3.4. Вращающаяся черная дыра: решение Керра
- 3.5. Извлечение энергии из вращающейся черной дыры: механизм Пенроуза; сверхизлучение Зельдовича

4 Аккреция на черные дыры I

- 4.1. Аккреция политропного газа
- 4.2. Усиление магнитного поля при аккреции. Хаотическое магнитное поле: гипотеза равномерного распределения. Излучение замагниченного газа при аккреции
- 4.3. Крупномасштабное магнитное поле: образование диска и картина стационарной аккреции

5 Аккреция на черные дыры II

- 5.1. Черные дыры в двойных системах, полость Роша
- 5.2. Дисквая аккреция на черную дыру: стандартное решение для турбулентного диска
- 5.3. Оптически толстые и оптически тонкие модели
- 5.4. Конвекция, корона и спектры излучения аккреционных дисков
- 5.5. Механизмы возникновения турбулентности
- 5.6. Случай большого потока массы при аккреции: диски с адвекцией
- 5.7. Извлечение вращательной энергии из черной дыры: механизм Бландфорда--Знаека

6 Наблюдения релятивистских объектов

- 6.1. Белые карлики. Радиопульсары
- 6.2. Двойные звездные системы: измерения массы звезд
- 6.3. Двойные рентгеновские источники: черные дыры в двойных системах, микроквазары
- 6.4. Двойные рентгеновские источники: рентгеновские пульсары и рентгеновские барстеры. Подкрученные пульсары

7 Аккреция на нейтронные звезды

- 7.1. Аккреция на замагниченную нейтронную звезду. Альфвеновская поверхность, неустойчивости и проникновение

- 7.2. Горячее пятно
- 7.3. Аккректор и пропеллер. Раскрутка звезды при дисковой аккреции, стационарный период. Экранирование магнитных полей
- 7.4. Пограничный слой
- 7.5. Аккреция на быстровращающуюся звезду со слабым магнитным полем

8 Радиопульсары

- 8.1. Модель наклонного ротатора
- 8.2. Униполярный генератор: модель Голдрайха--Джулиана
- 8.3. Потери вращательной энергии, индекс торможения
- 8.4. Звездотрясения и скачки периодов
- 8.5. Магнитные поля пульсаров
- 8.6. Двойные и подкрученные радиопульсары
- 8.7. Определение масс нейтронных звезд. Проверка общей теории относительности
- 8.8. Излучение гравитационных волн при слиянии нейтронных звезд. Космические гамма-всплески

9 Звездные скопления

- 9.1. Релятивистские звездные скопления
- 9.2. Динамическая и термодинамическая устойчивость. Гравито-термическая катастрофа
- 9.3. Эволюция скоплений и образование сверхмассивных черных дыр
- 9.4. Звездные скопления вокруг сверхмассивных черных дыр

10 Эволюция массивных звезд и сверхновые

- 10.1. Ядерная эволюция массивных звезд
- 10.2. Динамическая устойчивость и критические состояния звезд различных масс
- 10.3. Вспышки сверхновых. Механизмы взрывов сверхновых. Магнито-ротационная модель
- 10.4. Космические гамма-всплески (КГВ) и сверхновые

Литература, рекомендуемая к Части I

II Физическая космология

11 Космологические модели

- 11.1. Уравнения Эйнштейна
- 11.2. Решения Фридмана
- 11.3. Красное смещение. Постоянная Хаббла

12 Ранние стадии расширения Вселенной

- 12.1. Бариогенезис
- 12.2. Смена эпох при расширении Вселенной
- 12.3. Нуклеосинтез в расширяющейся Вселенной

13 Гравитационная неустойчивость

- 13.1. Джинсовская неустойчивость
- 13.2. Гравитационная неустойчивость в расширяющейся Вселенной
- 13.3. Рост первичных возмущений
- 13.4. Нелинейные стадии развития гравитационной неустойчивости

14 Реликтовое излучение

- 14.1. Предсказание Гамова
- 14.2. Наблюдательное открытие
- 14.3. Предыстория
- 14.4. Свойства реликтового излучения
- 14.5. Флуктуации реликтового излучения

- 14.6. Наблюдения флуктуаций реликтового излучения
- 14.7. Определение глобальных параметров Вселенной
- 14.8. Будущие эксперименты

15 Космомикрофизика

- 15.1. Ограничения на массу покоя нейтрино
- 15.2. Ограничения на число легких слабо взаимодействующих частиц
- 15.3. Темная материя
- 15.4. Темная энергия

16 Фоновые составляющие Вселенной

- 16.1. Реликтовое излучение, нейтрино и гравитоны
- 16.2. Очень длинные гравитационные волны
- 16.3. Первичные черные дыры
- 16.4. Нейтрино средних энергий
- 16.5. Космические лучи

17 Проблемы современной космологии -- очень ранняя Вселенная

- 17.1. Основные уравнения
- 17.2. Планковские масштабы
- 17.3. Свойства скалярных полей
- 17.4. Доменные стенки
- 17.5. Космические струны
- 17.6. Ежики (hedgehogs) и монополи
- 17.7. Текстуры (textures)
- 17.8. Инфляция
- 17.9. Формирование спектра возмущений на стадии инфляции

Литература, рекомендуемая к Части II

Список избранных трудов Г.С.Бисноватого-Когана

Предисловие

Моим родителям

Когда я поступил в аспирантуру МФТИ, моим первым заданием осенью 1964 года было заполнение формул в рукописи второй части обзора моего руководителя Я.Б.Зельдовича и его соавтора И.Д.Новикова под названием "Релятивистская астрофизика II" для журнала "Успехи физических наук" (УФН). Первая часть этого обзора к тому времени уже была в печати. Вскоре была написана книга под тем же названием, основанная на этих двух частях обзора, которая впоследствии, сильно дополненная, была издана в двух томах под другими названиями. В этих обзорах и книгах было (видимо, впервые) дано систематическое изложение вопросов релятивистской астрофизики, сформулированных к тому времени. Сам термин "релятивистская астрофизика" в применении к науке, зародившейся после открытия квазаров в 1963 году, появился в работе знаменитого квартета: Ф.Хойла, У.Фаулера, Г. и М.Бербиджей, -- и эта наука получила очень быстрое развитие после открытия пульсаров, рентгеновских и гамма-источников внутри и вне нашей Галактики.

Изложение физических вопросов космологии было дано уже в последней части книги, а затем, в многократно расширенном варианте, в книге "Строение и эволюция Вселенной". В промежутке между публикациями этих двух книг, в 1971 году появилась книга Дж.Пиблса, в названии которой было (видимо, впервые) использовано словосочетание "физическая космология". Это название как нельзя лучше отражает суть нового этапа развития космологии, стоящего на фундаменте наблюдений реликтового излучения и его флуктуаций, статистического анализа глубоких обзоров галактик и их скоплений, а также на использовании новейших достижений в исследовании элементарных частиц и физических полей. По иронии судьбы я оказался переводчиком книги

Дж.Пиблса на русский язык, в то время как двумя редакторами книги были Я.Б.Зельдович и И.Д.Новиков.

Быстрое развитие этих областей астрофизики сопровождалось написанием подробных монографий по разным вопросам этой тематики. В 1980-х годах вышли две обзорных книги Я.Б.Зельдовича с соавторами, где излагались основные результаты, полученные к тому времени в этих двух тесно связанных областях астрофизики. С тех пор прошло более 20 лет. В настоящей книге сделана попытка осветить состояние этих вопросов с современной точки зрения. В значительной степени книга основана на спецкурсе лекций, которые ее автор читал в последние несколько лет студентам 5-го курса МИФИ, на кафедре теоретической ядерной физики.

Я выражаю искреннюю благодарность О.Д.Торопиной за помощь в работе, а также А.Д.Чернину за дружескую поддержку при написании этой книги.

Г.С.Бисноватый-Коган, 26 июля 2009 года

Об авторе



Геннадий Семенович БИСНОВАТЫЙ-КОГАН (род. в 1941 г.)

Доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической физики МИФИ, главный научный сотрудник Института космических исследований РАН. Специалист в области астрофизики. Член Ученого совета ИКИ РАН, специализированных докторских советов ИКИ РАН и ГАИШ МГУ. Член редколлегии журналов "Gravitation and Cosmology", "Astronomical & Astrophysical Transactions" и "Астрофизика" (Армянской АН). Автор более 370 научных работ, в том числе 5 монографий.

Г. С. Бисноватый-Коган впервые предложил модель магниторотационного взрыва, объясняющую взрывы сверхновых с образованием нейтронных звезд и направленные взрывы в космических гамма-всплесках. Им предсказано существование и свойства подкрученных радиопульсаров в тесных двойных системах, прошедших стадию аккреции. Показано существование в общей теории относительности устойчивых звездных скоплений с произвольно большим красным смещением в центре и энергией связи, близкой к энергии покоя. Рассчитаны свойства фона нейтрино средних энергий во Вселенной, излучаемых при образовании нейтронных звезд и черных дыр.
