



Горбунов Д. С., Рубаков В. А.
Введение в теорию ранней Вселенной: Теория горячего Большого взрыва. Изд.3, перераб. и значит. доп.

2016. 616 с.
ISBN 978-5-9710-1679-3

Физика, Математика, Астрономия и астрофизика, Квантовая теория поля, Классические труды по физике, Основания математики, Математическая логика, Физика элементарных частиц, ИНТЕРСТЕЛЛАР: подборка по мотивам фильма.

Аннотация



Настоящая книга написана в значительной мере с точки зрения связи космологии с физикой микромира. В ней излагаются результаты, относящиеся к однородной изотропной Вселенной на горячей стадии ее эволюции и на последующих космологических этапах. В основных разделах рассматриваются установившиеся представления о ранней и современной Вселенной; эти разделы могут служить современным введением в данную бурно развивающуюся область науки. Для облегчения чтения основных разделов в приложениях приведены необходимые сведения из общей теории относительности и теории элементарных частиц. Кроме того, в книге рассматриваются гипотезы (зачастую альтернативные друг другу), относящиеся к нерешенным проблемам космологии, таким как проблемы темной материи, темной энергии, асимметрии между веществом и антивеществом и т.д.

Монография имеет продолжение "Введение в теорию ранней Вселенной: Космологические возмущения. Инфляционная теория" (М.: URSS), в котором излагаются результаты, относящиеся к теории развития космологических возмущений, инфляционной теории и теории постинфляционного разогрева.

Книга предназначена для научных работников, аспирантов и студентов, специализирующихся в области физики элементарных частиц и в области космологии.

Оглавление



Предисловие

1. Космология. Краткий обзор

1.1. О единицах измерения

1.2. Вселенная сегодня

1.2.1. Однородность и изотропия

1.2.2. Расширение

1.2.3. Время жизни Вселенной и размер ее наблюдаемой части

1.2.4. Пространственная плоскостность

1.2.5. "Теплая" Вселенная

1.3. Баланс энергий в современной Вселенной

1.4. Вселенная в будущем

1.5. Вселенная в прошлом

1.5.1. Рекомбинация

1.5.2. Первичный нуклеосинтез

- 1.5.3. **Закалка нейтрино**
- 1.5.4. **Фазовые переходы во Вселенной**
- 1.5.5. **Генерация барионной асимметрии**
- 1.5.6. **Генерация темной материи**
- 1.6. **Образование структур во Вселенной**
- 1.7. **Инфляционная стадия**
- 2. **Однородная изотропная Вселенная**
 - 2.1. **Однородные изотропные пространства**
 - 2.2. **Метрика Фридмана--Робертсона--Уокера**
 - 2.3. **Красное смещение. Закон Хаббла**
 - 2.4. **Замедление относительного движения**
 - 2.5. **Газы свободных частиц в расширяющейся Вселенной**
- 3. **Динамика расширения Вселенной**
 - 3.1. **Уравнение Фридмана**
 - 3.2. **Примеры космологических решений. Возраст Вселенной. Космологический горизонт**
 - 3.2.1. **Нерелятивистское вещество ("пыль")**
 - 3.2.2. **Ультрарелятивистское вещество ("радиация")**
 - 3.2.3. **Вакуум**
 - 3.2.4. **Уравнение состояния $p=w$**
 - 3.3. **Решения с реколлапсом**
- 4. **Λ CDM: космологическая модель с темной материей и темной энергией**
 - 4.1. **Современный состав Вселенной**
 - 4.2. **Общие свойства эволюции Вселенной**
 - 4.3. **Переход от замедления к ускорению**
 - 4.4. **Переход от радиационно-доминированной к пылевидной стадии**
 - 4.5. **Возраст современной Вселенной и размер горизонта**
 - 4.6. **Соотношение "видимая яркость -- красное смещение" для удаленных стандартных свеч**
 - 4.7. **Угловые размеры удаленных объектов**
 - 4.8. **Квинтэссенция**
 - 4.8.1. **Особенности эволюции однородного скалярного поля в расширяющейся Вселенной**
 - 4.8.2. **Ускоренное расширение Вселенной за счет скалярного поля**
 - 4.8.3. **Следящее поле**
- 5. **Термодинамика в расширяющейся Вселенной**
 - 5.1. **Функции распределения бозонов и фермионов**
 - 5.2. **Энтропия в расширяющейся Вселенной. Барион-фотонное отношение**
 - 5.3. *** Модели с промежуточной пылевидной стадией: генерация энтропии**
 - 5.4. *** Неравновесные процессы**
- 6. **Рекомбинация**
 - 6.1. **Температура рекомбинации**
 - 6.2. **Последнее рассеяние фотонов**
 - 6.3. *** Выполнение условий термодинамического равновесия**
 - 6.4. **Горизонт на момент рекомбинации и угол, под которым он виден сегодня. Пространственная плоскостность Вселенной**
- 7. **Реликтовые нейтрино**
 - 7.1. **Температура закалки нейтрино**
 - 7.2. **Эффективная температура нейтрино. Космологическое ограничение**

на массу нейтрино

*7.3. *Стерильные нейтрино*

8. Первичный нуклеосинтез

8.1. Закалка нейтронов. Нейтрон-протонное отношение

8.2. Начало нуклеосинтеза. Направление термоядерных реакций

8.3. Кинетика нуклеосинтеза

8.3.1. Горение нейтронов, $p+n \rightarrow D + \gamma$

8.3.2. Горение дейтерия

*8.3.3. *Образование первичных ^3He и ^3H*

*8.3.4. *Образование и горение наиболее тяжелых ядер первичной плазмы*

8.4. Наблюдаемая распространенность первичных элементов

9. Темная материя

9.1. Холодная, горячая и теплая темная материя

9.2. Закалка тяжелых реликтовых частиц

9.3. Слабовзаимодействующие массивные частицы (WIMPs)

9.4. Другие применения результатов раздела 9.2

9.4.1. Остаточная плотность барионов в барион-симметричной Вселенной

*9.4.2. *Тяжелые нейтрино*

9.5. Новые частицы -- кандидаты на роль темной материи

*9.6. *Стабильные частицы в суперсимметричных теориях*

9.6.1. Нейтралино

9.6.2. Снейтрино

9.6.3. Гравитино

*9.7. *Другие кандидаты*

9.7.1. Аксионы и другие легкие долгоживущие частицы

9.7.2. Сверхтяжелые реликтовые частицы

9.7.3. Экзотика

10. Фазовые переходы в ранней Вселенной

10.1. Типы фазовых переходов

10.2. Эффективный потенциал в однопетлевом приближении

10.3. Инфракрасная проблема

11. Генерация барионной асимметрии

11.1. Необходимые условия генерации асимметрии

11.2. Несохранение барионного и лептонных чисел во взаимодействиях частиц

11.2.1. Электрослабый механизм

11.2.2. Нарушение барионного числа в теориях Большого объединения

11.2.3. Несохранение лептонных чисел и майорановские массы нейтрино

11.3. Генерация асимметрии в распадах частиц

11.4. Барионная асимметрия и массы нейтрино: лептогенезис

11.5. Электрослабый бариогенезис

11.5.1. Условия нарушения термодинамического равновесия

*11.5.2. *Генерация барионной асимметрии на толстой, медленно движущейся стенке*

*11.5.3. *Бариогенезис на тонкой стенке*

*11.6. *Механизм Аффлекса--Дайна*

11.6.1. Скалярные поля, несущие барионное число

11.6.2. Генерация асимметрии

11.7. Заключительные замечания

12. Топологические дефекты и солитоны во Вселенной

12.1. Образование топологических дефектов в ранней Вселенной

12.2. *Монополи т'Хоофта--Полякова

12.2.1. Монополи в калибровочных теориях

12.2.2. Механизм Киббля

12.2.3. Остаточная концентрация: проблема монополей

12.3. *Космические струны

12.3.1. Струнные конфигурации

12.3.2. Газ космических струн

12.3.3. Дефицит угла

12.3.4. Струны во Вселенной

12.4. *Доменные стенки

12.5. *Текстуры

12.6. *Гибридные топологические дефекты

12.7. *Нетопологические солитоны: Q-шары

12.7.1. Модель с двумя полями

12.7.2. Модели с плоскими направлениями

A Элементы общей теории относительности

A.1. Тензоры в искривленном пространстве-времени

A.2. Ковариантная производная

A.3. Тензор кривизны

A.4. Уравнения гравитационного поля

A.5. Конформно-связанные метрики

A.6. Взаимодействие материи с гравитационным полем. Тензор энергии-импульса

A.7. Движение частиц в гравитационном поле

A.8. Ньютоновский предел в общей теории относительности

A.9. Линеаризованные уравнения Эйнштейна на фоне пространства Минковского

A.10. Макроскопический тензор энергии-импульса

A.11. Обозначения и соглашения

B Стандартная модель физики частиц

B.1. Описание Стандартной модели

B.2. Глобальные симметрии Стандартной модели

B.3. C-, P-, T-преобразования

B.4. Смешивание кварков

B.5. Эффективная теория Ферми

B.6. Особенности сильных взаимодействий

B.7. Эффективное число степеней свободы в Стандартной модели

C Осцилляции нейтрино

C.1. Смешивание нейтрино и осцилляции

C.1.1. Вакуумные осцилляции

C.1.2. Осцилляции трех типов нейтрино в частных случаях

C.1.3. Эффект Михеева--Смирнова--Вольфенштейна

C.2. Наблюдения нейтринных осцилляций

C.2.1. Солнечные нейтрино и KamLAND

C.2.2. Атмосферные нейтрино, K2K и MINOS

C.2.3. CHOOZ: ограничение на $|U_{e3}|$

C.3. Значения параметров осцилляций

C.4. Дираковские и майорановские массы. Стерильные нейтрино

C.5. Прямые поиски масс нейтрино

D Квантовая теория поля при конечных температурах

D.1. Бозонные поля: евклидово время и периодические граничные условия

D.2. Фермионные поля: антипериодические условия

D.3. Теория возмущений

D.4. Однопетлевой эффективный потенциал

D.5. Дебаевская экранировка

Монографии, обзоры

Литература

Предметный указатель