

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	9
Введение	11

РАЗДЕЛ I

РАСШИРЕНИЕ И ГЕОМЕТРИЯ ОДНОРОДНОЙ ИЗОТРОПНОЙ ВСЕЛЕННОЙ

Глава 1. Локальные свойства однородной изотропной космологической модели	27
§ 1. Локальный закон распределения скорости	27
§ 2. Закон эволюции. Критическая плотность	30
§ 3. Продолжительность расширения	33
§ 4. Два частных решения. Начальная стадия	35
§ 5. Влияние давления на закон расширения. Качественные соображения	37
§ 6. Уравнения движения с учетом давления	39
§ 7. Время расширения при наличии давления	41
§ 8. Начальная стадия при наличии давления	42
Глава 2. Релятивистская теория однородной изотропной Вселенной	44
§ 1. Уравнения тяготения Эйнштейна и космологические уравнения Фридмана	44
§ 2. Геометрическая структура модели Вселенной как целого; пространство постоянной положительной кривизны	48
§ 3. Метрика открытого мира	53
§ 4. Предельный случай малой плотности вещества	53
§ 5. Случай критической плотности	56
Глава 3. Распространение света и нейтрино; методы проверки космологических теорий наблюдениями	58
§ 1. Красное смещение и уменьшение импульса	58
§ 2. Наблюдаемые величины и горизонт	61
§ 3. Графики и формулы для функций, определяющих наблюдаемые величины	67
§ 4. Рабочие формулы с параметром ν	77
§ 5. Первое приближение и евклидово пространство	81
§ 6. Распределение по видимым величинам	86
§ 7. О возможности определения космологической модели по наблюдениям далеких объектов	93
§ 8. Эволюция радионисточников	97
§ 9. Определение H_0 и q_0 из наблюдений	105

§ 10. Наблюдаемые величины во Вселенной, однородной лишь в среднем	112
§ 11. Кинетическое уравнение для фотонов	116
§ 12. Однозначно ли объяснение красного смещения расширением Вселенной?	123
Глава 4. Космологическая постоянная	126
§ 1. Отлична ли космологическая постоянная от нуля?	126
§ 2. Космологические модели с Λ -членом	129
Приложение к разделу I	136

Р А З Д Е Л II

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ГОРЯЧЕЙ ВСЕЛЕННОЙ

Глава 5. Введение	141
§ 1. Вводные замечания и исторический обзор	141
§ 2. Электромагнитное излучение во Вселенной: обзор наблюдений	149
§ 3. Наблюдательное доказательство существования реликтового излучения	154
Глава 6. Термодинамическое равновесие в начале космологического расширения	159
§ 1. Основные периоды в эволюции горячей Вселенной	159
§ 2. Космологическое расширение высокотемпературной плазмы и условия термодинамического равновесия	162
§ 3. Адронная стадия эволюции Вселенной	164
§ 4. Теория Хагедорна	173
§ 5. Концентрация нуклонов и антинуклонов в зарядово-несимметричной Вселенной при термодинамическом равновесии	177
Глава 7. Кинетика процессов с элементарными частицами	179
§ 1. Нейтрино в теории горячей Вселенной	179
§ 2. Космологические гравитационные волны	185
§ 3. Антинуклоны в горячей плазме	191
§ 4. Реликтовые кварки в горячей модели	199
§ 5. Нуклеосинтез в теории горячей Вселенной	203
§ 6. Сравнение наблюдательных данных о распространенности легких элементов во Вселенной с предсказаниями теории	213
Глава 8. Радиационно-доминированная плазма и реликтовое излучение	219
§ 1. Введение и общий обзор	219
§ 2. Рекомбинационное равновесие и кинетика	225
§ 3. Взаимодействие электронов и излучения в разреженной плазме	231
§ 4. Влияние электронов на спектр излучения	239
§ 5. Раннее выделение энергии и квазиравновесие	240
§ 6. Позднее энерговыделение	247
§ 7. Излучение межгалактического газа и его плотность	254
§ 8. Радиоизлучение ионизованного межгалактического газа и период нейтрального водорода	259
§ 9. Взаимодействие космических лучей с излучением	263

РАЗДЕЛ III

ГРАВИТАЦИОННАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ В КОСМОЛОГИИ
И ОБРАЗОВАНИЕ ГАЛАКТИК

Введение	269
Глава 9. Гравитационная неустойчивость в ньютоновской теории . . .	272
§ 1. Теория Джинса	272
§ 2. Неустойчивость расширяющегося однородного вещества	279
§ 3. Крупномасштабные возмущения: автомодельное решение	284
§ 4. Возмущения как вариации параметров решения	285
§ 5. Формулы, описывающие развитие возмущений	288
§ 6. Численные оценки	292
§ 7. Неустойчивость бесстолкновительного гравитирующего газа	295
Глава 10. Неустойчивость в горячей модели	297
§ 1. Условия роста возмущений	297
§ 2. Диссипативные процессы и затухание адиабатических возмущений	302
§ 3. Взаимодействие возмущений со свободными частицами	307
§ 4. Энтропийные возмущения	308
§ 5. Вращательные возмущения	311
§ 6. Сшивание возмущений при изменении уравнения состояния вещества	312
Глава 11. Гравитационная неустойчивость в ОТО	317
§ 1. Общие принципы и уравнения	317
§ 2. Классификация возмущений	321
§ 3. Скалярные возмущения	323
§ 4. Векторные (вращательные) возмущения	327
§ 5. Тензорные возмущения — гравитационные волны	332
§ 6. Энтропийные возмущения в релятивистской теории	335
§ 7. Квазизотропное решение и гипотеза равномерного распределения возмущений	336
§ 8. Длинноволновые возмущения и их представление сферическими волнами	339
Глава 12. Статистическая теория	343
§ 1. Случайность и фурье-анализ	343
§ 2. Корреляционная функция и размеры самогравитирующих объектов	347
§ 3. Отклонения средней плотности в данном объеме	351
§ 4. Ограничения и сложности линейной теории	357
Глава 13. Нелинейная теория возмущений и тепловая неустойчивость	360
§ 1. Возмущения в пылевидной среде; задачи, допускающие точные решения	360
§ 2. Возмущения в пылевидной среде; приближенный анализ общего случая («блины»)	364
§ 3. Нелинейная спектральная теория	372
§ 4. Возникновение длинноволновых возмущений в газе из звезд или звездных скоплений	376
§ 5. Тепловая неустойчивость и разделение однородного газа на фазы	382
Глава 14. Теория образования галактик	386
§ 1. Введение	386
§ 2. Адиабатические возмущения. Предпосылки	394

§ 3.	Ударная волна	396
§ 4.	Тепловой режим сжатого газа	403
§ 5.	Массы скоплений и фрагментация протоскоплений	408
§ 6.	Вращение галактик	413
§ 7.	Магнитное поле галактик	420
§ 8.	Теория энтропийных возмущений	425
§ 9.	Вихревая теория	429
§ 10.	Сравнение эволюционных теорий происхождения галактик	437
§ 11.	Данные наблюдений галактик и скоплений галактик и средняя плотность материи во Вселенной	443
Глава 15.	Исследование возмущений с помощью реликтового излучения	450
§ 1.	Введение	450
§ 2.	Аннигиляция антивещества	452
§ 3.	Адиабатические возмущения, акустические колебания и влияние их на спектр РИ	459
§ 4.	Возмущения пространственной однородности и изотропии реликтового излучения	464
§ 5.	Обнаружение возмущений плотности с помощью реликтового излучения	470
§ 6.	Спектр возмущений и гиперболическая модель с малой плотностью	475
§ 7.	Угловое распределение флуктуаций РИ	476
Глава 16.	Гравитационные волны в космологии	482
§ 1.	Введение	482
§ 2.	Общие сведения о гравитационных волнах	484
§ 3.	Гравитационные волны в теории малых возмущений космологического решения	489
§ 4.	Ожидаемая интенсивность реликтового коротковолнового гравитационного излучения	491
§ 5.	Гипотеза равномерного распределения и длинноволновое гравитационное излучение	494
§ 6.	Генерация гравитационных волн в современную эпоху и оценки общей плотности энергии гравитационных волн	496
§ 7.	Влияние гравитационных волн на реликтовое излучение	500
§ 8.	Пекулярное движение, вызываемое гравитационными волнами	502
§ 9.	Взаимопревращения гравитационных и электромагнитных волн	506
Р А З Д Е Л IV		
АНИЗОТРОПНАЯ КОСМОЛОГИЯ		
Глава 17.	Введение	511
Глава 18.	Простейшие анизотропные космологические решения	515
§ 1.	Ньютоновская теория простейшего анизотропного однородного решения как предельный случай локальной задачи	515
§ 2.	Гравитационный парадокс ньютоновской теории	519
§ 3.	Простейшая релятивистская модель; «вакуумное» решение вблизи сингулярности	520
§ 4.	Сравнение ньютоновской и релятивистской задач	522
Глава 19.	Материя в анизотропной космологической модели	525
§ 1	Изотропизация решения с паскалевским тензором энергии-импульса	525

§ 2. Влияние пространственной анизотропии тензора энергии-импульса на космологическое решение	526
§ 3. Космологические модели с однородным магнитным полем	530
§ 4. Возмущения в анизотропной однородной Вселенной	536
§ 5. Неустойчивость космологических решений относительно возникновения движения всего вещества	542
Глава 20. Физика процессов на ранних стадиях расширения в анизотропных моделях	547
§ 1. Слабовзаимодействующие частицы в анизотропной космологической модели	547
§ 2. Нейтрино в анизотропном решении	552
§ 3. Влияние вязкости на динамику расширения анизотропных моделей	555
§ 4. Кинетическая теория нейтрино в анизотропной модели; автоматическое решение	557
§ 5. Образование химических элементов в анизотропных моделях	560
Глава 21. Общий анализ однородных космологических моделей	567
§ 1. Понятие однородности космологической модели	567
§ 2. Дифференциальный критерий однородности	573
§ 3. Динамические свойства однородных моделей вблизи сингулярности	574
§ 4. Модель «перемешанного» мира	577
§ 5. О невозможности «перемешивания» в модели «перемешанного» мира	582
§ 6. Квантовые ограничения для модели «перемешанного» мира	584
§ 7. Изотропизация однородных космологических моделей в ходе расширения	585
§ 8. Анизотропия реликтового излучения в моделях типа I Бианки с критической плотностью вещества	594
§ 9. Ожидаемая анизотропия космологического радиоизлучения в однородных анизотропных моделях с искривленным трехмерным пространством	599

Р А З Д Е Л V

СИНГУЛЯРНОСТЬ И РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ТЯГОТЕНИЯ

Глава 22. Космологическая сингулярность	607
§ 1. Введение	607
§ 2. Сингулярность в начале расширения	609
§ 3. Общее космологическое решение с сингулярностью	615
Глава 23. Физические процессы вблизи сингулярности и развитие теории тяготения	619
§ 1. Введение	619
§ 2. Космологические следствия теории Хагедорна	621
§ 3. Космологические выводы из теории Омнеса	623
§ 4. Квантовые явления в сингулярных состояниях метрики и гравитационного поля	629
§ 5. Рождение заряженных частиц в электродинамике	639
§ 6. Математическая теория рождения частиц	647
§ 7. Сверхпространство и минисверхпространство	651
§ 8. Гипотеза несохранения барионов и зарядовая несимметрия элементарных частиц	654

§ 9. Холодная Вселенная и спектр возмущений	657
§ 10. Теория стационарной Вселенной	663
§ 11. Принцип Маха и совпадения больших чисел физики и космологии	667
§ 12. ОТО и структура (топология) мира как целого	675
§ 13. Локальная топология, «белые дыры» и космология	683
§ 14. Статистическая физика и тяготение	687
§ 15. Теория тяготения Бранса — Дикке и ее космологические следствия	690
§ 16. Новые гипотезы в теории поля и космология	695
§ 17. Осциллирующая Вселенная?	699
§ 18. Рождение гравитонов вблизи сингулярности	704
§ 19. Сингулярность и конформная инвариантность	707
§ 20. Направление времени	711
Литература	715
Указатель имен	729