

# СОДЕРЖАНИЕ

---

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> .....	<b>10</b>
<b>НАЧАЛО ИСТОРИИ</b> .....	<b>12</b>
<b>ДО БОЛЬШОГО ВЗРЫВА</b> – Мультивселенная? .....	14
<b>НАЧАЛО РАСШИРЕНИЯ</b> – Большой взрыв .....	17
<b>НАЧАЛО РАСШИРЕНИЯ</b> – Почему наше небо ночью черное? .....	19
<b>НАЧАЛО РАСШИРЕНИЯ</b> – Квантовая гравитация .....	22
<b>5 × 10–44 СЕКУНД ПОСЛЕ НАЧАЛА РАСШИРЕНИЯ</b> Планковская эпоха .....	24
<b>10–35 СЕКУНД ПОСЛЕ НАЧАЛА РАСШИРЕНИЯ</b> – Инфляция .....	26
<b>10–12 СЕКУНД ПОСЛЕ НАЧАЛА РАСШИРЕНИЯ</b> – Возникновение материи .....	28
<b>10–9 СЕКУНД ПОСЛЕ НАЧАЛА РАСШИРЕНИЯ</b> – Первичный хаос .....	31
<b>10–6 СЕКУНД ПОСЛЕ НАЧАЛА РАСШИРЕНИЯ</b> – Материя побеждает антиматерию .....	33
<b>3 МИНУТЫ ПОСЛЕ НАЧАЛА РАСШИРЕНИЯ</b> Образование гелия .....	35
<b>20 МИНУТ ПОСЛЕ НАЧАЛА РАСШИРЕНИЯ</b> – Окончание первичного ядерного синтеза .....	37
<b>380 000 ЛЕТ ПОСЛЕ НАЧАЛА РАСШИРЕНИЯ</b> – Вселенная становится прозрачной .....	39
<b>ВСЕЛЕННАЯ УПОРЯДОЧИВАЕТСЯ</b> .....	<b>42</b>
<b>13,7 МИЛЛИАРДОВ ЛЕТ НАЗАД</b> – Темные века .....	44
<b>13,7 МИЛЛИАРДОВ ЛЕТ НАЗАД</b> – Образование крупных структур .....	46
<b>13,6 МИЛЛИАРДОВ ЛЕТ НАЗАД</b> – Рождение самой древней из известных звезд .....	49
<b>13,4 МИЛЛИАРДА ЛЕТ НАЗАД</b> – Галактика уже ярко сияет .....	51
<b>13,2 МИЛЛИАРДА ЛЕТ НАЗАД</b> – Катастрофическая смерть первой звезды .....	53

<b>12,6 МИЛЛИАРДА ЛЕТ НАЗАД –</b> Появление первых скоплений галактик .....	55
<b>11,8 МИЛЛИАРДА ЛЕТ НАЗАД –</b> Вселенная взрослеет .....	57
<b>11,7 МИЛЛИАРДОВ ЛЕТ НАЗАД –</b> Образование шарового скопления Геркулеса .....	60
<b>10,8 МИЛЛИАРДА ЛЕТ НАЗАД –</b> Вселенная все еще в три раза горячее .....	63
<b>10 МИЛЛИАРДОВ ЛЕТ НАЗАД –</b> Активное звездообразование .....	65
<b>9,7 МИЛЛИАРДА ЛЕТ НАЗАД –</b> Вселенная и ее постоянные .....	67
<b>8,8 МИЛЛИАРДА ЛЕТ НАЗАД –</b> Образование диска Млечного Пути .....	69
<b>7,7 МИЛЛИАРДА ЛЕТ НАЗАД –</b> Гамма-всплеск, видимый невооруженным глазом .....	72
<b>6,8 МИЛЛИАРДА ЛЕТ НАЗАД –</b> Ланиакея, наше сверхскопление .....	74
<b>5,2 МИЛЛИАРДА ЛЕТ НАЗАД –</b> Столкновение в Местной группе галактик .....	77
<b>4,8 МИЛЛИАРДА ЛЕТ НАЗАД –</b> Расширение Вселенной ускоряется .....	80

## **ПОЯВЛЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ..... 82**

<b>4,57 МИЛЛИАРДА ЛЕТ НАЗАД –</b> Рождение Солнца .....	84
<b>4,57 МИЛЛИАРДА ЛЕТ НАЗАД –</b> Солнце — атомная электростанция .....	87
<b>4,57 МИЛЛИАРДА ЛЕТ НАЗАД –</b> Образование планет .....	89
<b>4,56 МИЛЛИАРДА ЛЕТ НАЗАД –</b> Образование пояса астероидов .....	91
<b>4,51 МИЛЛИАРДА ЛЕТ НАЗАД –</b> Образование Луны .....	94
<b>4,5 МИЛЛИАРДА ЛЕТ НАЗАД –</b> Образование колец Сатурна .....	96
<b>4,4 МИЛЛИАРДА ЛЕТ НАЗАД –</b> Образование облака Эпика-Оорта .....	99
<b>4 МИЛЛИАРДА ЛЕТ НАЗАД –</b> Последняя метеоритная бомбардировка .....	101
<b>3,9 МИЛЛИАРДА ЛЕТ НАЗАД –</b> Захват Тритона Нептуном .....	104
<b>3,8 МИЛЛИАРДА ЛЕТ НАЗАД –</b> Извержение на Марсе .....	106

<b>3,8 МИЛЛИАРДА ЛЕТ НАЗАД –</b> Образование пояса Эджворта-Койпера .....	109
<b>3,5 МИЛЛИАРДА ЛЕТ НАЗАД –</b> На Земле возникает жизнь .....	112
<b>2,4 МИЛЛИАРДА ЛЕТ НАЗАД –</b> Великая оксигенация .....	114
<b>2 МИЛЛИАРДА ЛЕТ НАЗАД –</b> Природный реактор .....	116
<b>800 МИЛЛИОНОВ ЛЕТ НАЗАД –</b> Мессье-32 вливается в Андромеду .....	118
<b>650 МИЛЛИОНОВ ЛЕТ НАЗАД –</b> Земля-снежок .....	121
<b>500 МИЛЛИОНОВ ЛЕТ НАЗАД –</b> Образование созвездия Большой Медведицы .....	123
<b>320 МИЛЛИОНОВ ЛЕТ НАЗАД –</b> Вспышка звездообразования в Малом Магеллановом облаке .	125
<b>СОВРЕМЕННАЯ ВСЕЛЕННАЯ .....</b>	<b>128</b>
<b>160 МИЛЛИОНОВ ЛЕТ НАЗАД –</b> Семейство Баптистины .....	130
<b>130 МИЛЛИОНОВ ЛЕТ НАЗАД –</b> Тайна килоновой .....	132
<b>115 МИЛЛИОНОВ ЛЕТ НАЗАД –</b> Скопление Плеяд .....	135
<b>108 МИЛЛИОНОВ ЛЕТ НАЗАД –</b> Столкновение Луны с астероидом .....	137
<b>65 МИЛЛИОНОВ ЛЕТ НАЗАД –</b> Столкновение Земли с астероидом .....	140
<b>20 МИЛЛИОНОВ ЛЕТ НАЗАД –</b> Что разгоняет космические частицы .....	142
<b>11,1 МИЛЛИОНА ЛЕТ НАЗАД –</b> Космическая мега-катастрофа .....	144
<b>10 МИЛЛИОНОВ ЛЕТ НАЗАД –</b> Комета Галлея .....	147
<b>10 МИЛЛИОНОВ ЛЕТ НАЗАД –</b> Образование коричневого карлика .....	150
<b>7 МИЛЛИОНОВ ЛЕТ НАЗАД –</b> Пир черной дыры .....	152
<b>1,5 МИЛЛИОНА ЛЕТ НАЗАД –</b> Человек ходит по Земле .....	155
<b>–348 000 –</b> Лихорадочный пульс .....	158
<b>–166 000 –</b> Гигантский рой нейтрино .....	160

–166 000 –	Ударная волна сотрясает Большое Магелланово облако . . . . .	163
–50 000 –	Гигантский метеорит падает на Землю . . . . .	165
–45 300 –	Рождение магнетара . . . . .	167
–33 900 –	Быстрее света? . . . . .	169
–24 650 –	Антиматерия в центре галактики . . . . .	171
–24 650 –	Сверхмассивная черная дыра . . . . .	174
–16 000 –	Новая звезда в системе с черной дырой . . . . .	176
–14 000 –	Будущая сверхновая . . . . .	178
–5500 –	Извержение на Эте Киля . . . . .	180
–4500 –	Взрыв сверхновой . . . . .	182
–4500 –	Пульсар — космический маяк . . . . .	185

## **ВРЕМЯ ОТКРЫТИЙ . . . . . 188**

–3000 –	Счет времени . . . . .	190
–2800 –	Стоунхендж, обсерватория времен неолита . . . . .	194
–560 –	Теорема Фалеса . . . . .	196
–530 –	Гармония сфер . . . . .	198
–335 –	Трактат Аристотеля о небе . . . . .	200
–240 –	В Александрийской школе . . . . .	203
–150 –	Труды Гиппарха . . . . .	206
150 –	Альмагест Птолемея . . . . .	209
415 –	Смерть Гипатии . . . . .	211
650 –	Карты звездного неба . . . . .	213

<b>1054</b> –	Еще одна сверхновая .....	216
<b>1543</b> –	Новые перспективы .....	219
<b>1600</b> –	Вперед к бесконечности .....	222
<b>1609</b> –	Галилей создает первый телескоп .....	225
<b>1609</b> –	Новая астрономия Кеплера .....	227
<b>1637</b> –	Cogito ergo sum .....	229
<b>1671</b> –	Ньютон изобретает свой телескоп .....	232
<b>1686</b> –	Множественность миров .....	234
<b>1745</b> –	Эмили дю Шатле переводит Ньютона .....	237
<b>1905</b> –	$E = mc^2$ .....	239
<b>1912</b> –	Мисс Ливитт и масштабы расстояний .....	241
<b>1916</b> –	Радиус Шварцшильда .....	243
<b>1957</b> –	Вперед, в космос .....	245
<b>1964</b> –	Космологические радиопомехи .....	248
<b>1969</b> –	Первые шаги по Луне .....	251
<b>1995</b> –	Открытие экзопланет .....	254
<b>2014</b> –	Зонд на комете Чурюмова-Герасименко .....	256
<b>2016</b> –	Регистрация гравитационных волн .....	258
<b>2019</b> –	Первый портрет черной дыры .....	261
<b>ЗАВТРА И ПОТОМ?</b> .....	<b>264</b>	
<b>2020</b> –	Первая частная тяжелая ракета-носитель .....	266
<b>2029</b> –	Возвращение на Луну .....	269

<b>2032 –</b>	На орбите вокруг чужой луны .....	272
<b>2035 –</b>	Регистрация гравитационных волн в космосе .....	274
<b>2042 –</b>	Встреча с внеземной жизнью .....	277
<b>2051 –</b>	Первые шаги человека на Марсе .....	279
<b>2195 –</b>	В космос на лифте .....	281
<b>2500 –</b>	Самая большая авария тысячелетия .....	284
<b>300 000 –</b>	«Вояджер-2» прибывает в окрестности Сириуса .....	286
<b>ЧЕРЕЗ 10 МИЛЛИОНОВ ЛЕТ –</b>	Человечество колонизирует Галактику .....	289
<b>ЧЕРЕЗ 300 МИЛЛИОНОВ ЛЕТ –</b>	Слияние нейтронных звезд .....	291
<b>ЧЕРЕЗ 600 МИЛЛИОНОВ ЛЕТ –</b>	Последнее полное затмение Солнца .....	293
<b>ЧЕРЕЗ 1,2 МИЛЛИАРДА ЛЕТ –</b>	Конец жизни на Земле .....	295
<b>ЧЕРЕЗ 4 МИЛЛИАРДА ЛЕТ –</b>	Слияние Млечного Пути с туманностью Андромеды .....	297
<b>ЧЕРЕЗ 7,5 МИЛЛИАРДОВ ЛЕТ –</b>	Солнце становится красным гигантом .....	300
<b>ЧЕРЕЗ 7,8 МИЛЛИАРДОВ ЛЕТ –</b>	Конец Солнца .....	302
<b>ЧЕРЕЗ 20 МИЛЛИАРДОВ ЛЕТ –</b>	Большой разрыв? .....	305
<b>ЧЕРЕЗ 100 МИЛЛИАРДОВ ЛЕТ –</b>	Большое сжатие? .....	307
<b>ЧЕРЕЗ 300 МИЛЛИАРДОВ ЛЕТ –</b>	Коллапс Местной группы .....	310
<b>ЧЕРЕЗ 1000 МИЛЛИАРДОВ ЛЕТ –</b>	Последние звезды.....	313
<b>ЧЕРЕЗ 10100 ЛЕТ –</b>	Вселенная погружается в абсолютный холод .....	315
<b>БИБЛИОГРАФИЯ .....</b>		<b>317</b>
<b>УКАЗАТЕЛЬ .....</b>		<b>322</b>
<b>АВТОРСКИЕ ПРАВА НА ИЗОБРАЖЕНИЯ .....</b>		<b>330</b>

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Мы, человеческие существа, похожи на младенца, потерявшегося в колыбели огромного размера и заснувшего, свернувшись калачиком в уголке кровати, устав от попыток нащупать границы своего крошечного мира. В точности как этот малыш, мы постоянно пытаемся найти пределы нашей Вселенной! Именно поэтому астрономия не просто одна из наук: она воплощает нашу генетическую связь со Вселенной, с этой сущностью, откуда возникло все, что нас окружает, да и мы сами тоже. И однажды мы должны будем вернуться к собственным истокам, тогда, когда жгучее Солнце сделает необитаемой нашу крошечную планету.

С тех самых пор, как мы начали осознавать самих себя и наш мир, наши взгляды обращены в небо. Уже шесть десятков лет прошло с того момента, когда юный советский военный летчик воплотил в жизнь древний миф об Икаре и проник за границы земной атмосферы на допотопном космическом корабле. И все же пока только астрономия позволяет во всех подробностях исследовать небесные тела. Чувствительные электронные глаза астрономических приборов тщательно сканируют небо. Благодаря астрономии Вселенная стала, как выразился французский писатель и ученый Бернар Ле Бовье де Фонтенель, «великим спектаклем, сравнимым только с оперой».

Именно радость от возможности поделиться несравненным научным наследием с читателями побудила нас написать «Волшебную историю Вселенной». Мы также должны воздать должное всем тем женщинам и мужчинам, которые разделяли эту страсть и были так же околдованы небом. Только благодаря всем этим мечтателям мы можем наконец увидеть того «Бога из машины», который управляет главным действием...

Описанные в книге явления были отобраны по признакам их универсального характера, например, процессы, которые происходили на заре возникновения Вселенной или те, что, вероятно, произойдут при ее конце. Другие описанные явления имеют значение для нашего существования в Солнечной системе или сыграли роль

в образовании нашей звезды и определяют ее потенциальное будущее. И наконец, целый ряд упомянутых нами событий относится к историческим временам, то есть к периоду продолжительностью около четырех веков, в течение которого развитие науки двигалось все ускоряющимися темпами.

Только в конце XVII века европейское научное сообщество, обретая уверенность в себе и доминирующую роль в мире, смогло сформулировать (правда, с большим трудом) разницу между астрологией и астрономией и наконец осмелилось прийти к выводу, что Вселенная может на самом деле быть бесконечной, и даже населенной бесконечным количеством миров, похожих на наш. Еще труднее поверить сегодня, что в XIX веке большинство ученых считало Вселенную равной нашей галактике, Млечному пути. Еще в 1990-х годах мы ничего не знали о расширении Вселенной и о темной энергии — предполагаемой причине этого расширения. Но сегодня все специалисты уверены, что эта энергия (ее природа до сих пор не ясна) составляет три четверти всего энергетического запаса Вселенной...

Еще следует пояснить, что легло в основу нашего исторического и научного выбора. В ряде случаев он отражает то, что принято называть «общепринятым консенсусом»; но для целой серии явлений мы были вынуждены приводить разные варианты интерпретаций и гипотез, которые порой весьма удачно дополняют и объясняют друг друга.

## **БЛАГОДАРНОСТИ**

Мы хотели бы особо поблагодарить Анн Помпон за ее неутомимую поддержку и всегда ценные примечания. И огромное спасибо Саре Форвей за ее тщательную работу над корректурой рукописи.

# Начало

**А**строфизики изучают все те штуки, что мы видим в небе, как системы, подчиняющиеся законам физики, но, прежде всего, они исследуют саму Вселенную во всей ее огромности. В 20-х годах XX века, расставшись с идеей Вечной Вселенной, столь дорогой их предшественникам, философам-материалистам из века XIX, астрофизики отбросили космогонические мифы, созданные самыми разными древними культурами, и заинтересовались идеей образования Вселенной в результате некоего уникального события. Научное сообщество, опираясь на неоспоримые доказательства, согласилось с выводом, что Вселенная возникла в результате процесса, который начался тринадцать миллиардов восемьсот миллионов лет назад, и описывается Стандартной космологической моделью.

На этом этапе нам следует ввести понятие «наблюдаемой Вселенной», которым обозначается ее видимая часть. Это воображаемая сфера, в центре которой находится Земля, и граница которой — космологический горизонт — расположена там, откуда до нас не может прийти ни один сигнал. Стандартная космологическая модель сегодня относит космологический горизонт на расстояние 45 миллиардов световых лет, с учетом процесса расширения Вселенной.

# Истории

Исследовать ненаблюдаемую часть Вселенной невозможно, но, согласно космологическому принципу, Вселенная, если рассматривать ее в очень большом масштабе, подобна самой себе по всем направлениям, поэтому те области Вселенной, что находятся за космологическим горизонтом, скорее всего, похожи на те, что мы наблюдаем в ее видимой части.

Эта модель соответствует идее образования Вселенной в измеримом прошлом и создает возможность дискуссий, способных смутить самый рациональный ум. Один из самых странных выводов, вытекающих из этой модели, предполагает, что физические константы были будто специально скорректированы так, чтобы возникла разумная жизнь.

События начала истории произошли очень давно и уложились в очень короткий период (триста восемьдесят тысяч лет). Датировать их с помощью обычного календаря невозможно, поскольку при таком подходе они просто сливаются в одно. Поэтому в этой части книги мы использовали датировку с помощью отрезков времени, прошедшего с момента начала расширения Вселенной.

# ДО БОЛЬШОГО ВЗРЫВА – МУЛЬТИВСЕЛЕННАЯ?

Мультивселенная — это гипотетический ансамбль всех возможных миров, каждый из которых существует по собственным законам. Наш мир развивался на основе фундаментальных физических констант, которые способствовали возникновению жизни.

В 1895 году американский философ Уильям Джеймс придумал термин «мультивселенная», правда, для совершенно другого контекста. Только в 1963 году под пером Майкла Муркока, знаменитого английского фантаста, термин получил свое нынешнее значение. В 2003 году шведско-американский космолог Макс Тегмарк предложил классификацию различных типов мультивселенной. Первый тип, основанный на общей теории относительности, предполагает, что размеры пространства, несомненно, значительно больше, чем размеры наблюдаемой Вселенной, то есть сферы радиусом примерно сорок пять миллиардов световых лет. Остальные многочисленные небесные тела расположены за космологическим горизонтом, и если считать пространство бесконечным, то вполне логично предположить существование бесконечного количества различных миров, которые отличаются от нашего распределением материи, но подчиняются тем же законам физики, на основе тех же фундаментальных констант.

Квантовая механика, другая не менее ортодоксальная физическая теория, тоже совместима с концепцией мультивселенных, по крайней мере в той ее интерпретации, которую разработал американский физик Хью Эверетт: он полагает, что результаты некоторых наблюдений нельзя предвидеть и что любое событие — результат

Визуальная модель мультивселенной, по мнению некоторых физиков, должна быть похожа на нечто вроде пены, в которой каждый пузырь представляет собой образующуюся вселенную. Под воздействием энергетических флуктуаций пузырь может проходить фазу расширения, превращаясь в пространство, обладающее собственной физикой.



веера возможностей, характеризующихся определенной степенью вероятности. По мнению Эверетта, каждой из этих возможностей соответствует своя вселенная.

Таким образом, если считать, что бросок кости с шестью гранями соответствует некоему квантовому состоянию, шесть возможных позиций, в которых окажется кость после броска, соответствуют шести разным вселенным.

Теория хаотической инфляции предполагает, что пространство в целом расширяется. Это похоже на пузыри воздуха внутри поднимающегося теста. Пузыри образуются в пространстве и являются зародышами вселенных первого типа в классификации Эверетта. Некоторые из них в результате различных спонтанных нарушений симметрии обретают иные физические константы. Эта воображаемая конструкция не поддается проверке и таким образом оказывается вне области действия научных методов. Но она позволяет ответить на один из самых мучительных вопросов физики — почему фундаментальные константы будто специально скорректированы именно таким образом, чтобы эволюция нашего мира привела к разумной жизни? А в мире множественных вселенных образование обитаемого мира было бы банальным событием, и не было бы ничего удивительного в том, что одна из вселенных, та, в которой мы живем, обладала бы физическими константами, позволяющими зародиться разумной жизни.

#### ☛ СМ. ТАКЖЕ

Инфляция ( $10^{-35}$  секунд после начала расширения);

Вселенная и ее постоянные (9,7 миллиардов лет назад)

Природный реактор (2 миллиарда лет назад)

# НАЧАЛО РАСШИРЕНИЯ БОЛЬШОЙ ВЗРЫВ

Общая теория относительности Эйнштейна позволила построить модель Вселенной, которая в самом начале своего развития была очень горячей и очень плотной. Большой взрыв у истоков Вселенной уже давно не вызывает споров в научном мире.

Для построения физической модели Вселенной астрофизики использовали общую теорию относительности, сформулированную в 1915 году Альбертом Эйнштейном. В 1922-м русский математик Александр Фридман, изучая теорию относительности, увидел вытекающую из нее возможность изучения структуры Вселенной в целом. В том же 1922 году, а потом и в 1924-м, он описал в своих работах такое развитие Вселенной во времени, которое предполагало изначальное состояние сингулярности. К тому же выводу в 1927 году пришел и бельгийский астроном и священник Жорж Леметр — он заявил в 1929-м, что разбегание спиральных туманностей, открытое американским астрономом Эдвином Хабблом, является результатом расширения Вселенной.

Любое расширение предполагает некое начало. Чтобы его описать, в 1930-х годах Леметр предположил, что материя, пространство и время возникли из единственного «первичного атома», и эта модель стала предшественницей теории, известной как «теория Большого взрыва». Авторство термина принадлежит британскому астроному Фреду Хойлу, который впервые произнес это название во время радиопередачи BBC *The Nature of Things* (Природа вещей). Будучи сторонником стационарной и вечной Вселенной, он на самом деле попытался пошутить над конкурирующей теорией, но создал «звездное» слово для астрономического словаря. Термин прижился, хотя он и не точен: Большой взрыв, по сути, не был взрывом, разбросавшим материю во всех направлениях и заполнившим ею некую первичную пустоту. Это само простран-

ство начало внезапно расширяться с течением времени, увеличивая расстояния между объектами и увлекая их за собой в процессе расширения.

Тем не менее это выражение теперь обозначает общепринятую теорию, объясняющую три объективно доказанных результата независимых наблюдений:

- чем дальше находятся далекие галактики от наблюдателя, тем быстрее они от него удаляются: в самом начале Вселенная была более плотной и более горячей, подобно газу, нагревшемуся при сжатии;
- пропорциональное содержание гелия (8%, судя по имеющемуся количеству атомов этого элемента) одинаково во всей Вселенной; отсюда можно сделать вывод, что Вселенная пережила фазу, во время которой плотность и температура были достаточно высокими, чтобы способствовать синтезу этого элемента;
- фоновое излучение, обнаруженное на миллиметровых волнах, свидетельствует об эпохе огромной плотности и высоких температур в самом начале существования Вселенной.

Теория Большого взрыва базируется на этих трех столпах и еще двух важных гипотезах: универсальности физических законов; изотропности (у нее нет центра) и однородности (ее плотность примерно одинакова повсюду) Вселенной в очень больших масштабах.

#### ☛ СМ. ТАКЖЕ

Образование гелия (3 минуты после начала расширения)

Вселенная становится прозрачной (380 000 лет после начала расширения).