

ДЖОН ГРИББИН



13.8

В ПОИСКАХ ИСТИННОГО ВОЗРАСТА
ВСЕЛЕННОЙ И ТЕОРИИ ВСЕГО

[Почитать описание, рецензии и купить на сайте МИФа](#)

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ. САМЫЙ ВАЖНЫЙ ФАКТ..... 9

ПРОЛОГ. 2,712. ИЗМЕРЯЯ ТЕМПЕРАТУРУ ВСЕЛЕННОЙ12

Часть I КАК УЗНАТЬ ВОЗРАСТ ЗВЕЗД?

ГЛАВА 1. 2,898. ПРЕДЫСТОРИЯ: СПЕКТРЫ И ПРИРОДА
ЗВЕЗД 33

ГЛАВА 2. 0,008. В САМОМ СЕРДЦЕ СОЛНЦА 52

ГЛАВА 3. 7,65. КАК ОБРАЗОВАЛИСЬ «МЕТАЛЛЫ» 77

ГЛАВА 4. 13,2. ВОЗРАСТ ЗВЕЗД100

Часть II

КАК УЗНАТЬ ВОЗРАСТ ВСЕЛЕННОЙ?

Глава 5. 31,415. Предыстория галактик и Вселенной в целом.....	123
Глава 6. 575. Открытие расширяющейся Вселенной.....	148
Глава 7. 75. Шумы в сердце Вселенной.....	168
Глава 8. 13,8. Исследования и спутники	194
ГЛОССАРИЙ	224
ПРИМЕЧАНИЯ	232
БЛАГОДАРНОСТИ	234
ОБ АВТОРЕ	235

Введение

Самый важный факт

Вселенная имеет начало. Происхождение всего, что мы видим вокруг: звезд, планет, галактик, людей, можно проследить до конкретного момента в прошлом, отстоящего от нас на 13,8 млрд лет назад. Наше поколение стало свидетелем события, когда на *главный* вопрос, в течение тысячелетий мучивший философов, теологов и ученых, был получен ответ. На то, чтобы идея возникновения Вселенной в конкретный момент времени из гипотезы (не менее, но и не более вероятной, чем идея вечной и бесконечной Вселенной) стала доказанным фактом, ушло почти полстолетия, считая с середины 1960-х годов, когда было открыто реликтовое излучение^{*1}. С помощью данных космических обсерваторий, в частности спутника «Планк», ученым

* Реликтовое, или космическое микроволновое фоновое, излучение, — равномерно заполняющее Вселенную тепловое излучение, возникшее в эпоху первичной рекомбинации водорода. *Прим. ред.*

[10]

удалось чрезвычайно точно измерить возраст Вселенной. Но, отмечая этот научный триумф, мы часто забываем, что у всего есть обратная сторона. Именно она делает открытие начала Вселенной столь захватывающим.

Наиболее важный в науке факт заключается в том, что теория микромира (квантовая теория) в точности согласуется с теорией макромира (космологией, или общей теорией относительности), даже несмотря на то, что они развивались независимо друг от друга и что никому до сих пор не удалось соединить их в единую систему — теорию квантовой гравитации. Но уже то, что по отдельности они дают *правильные* ответы на одни и те же вопросы, подсказывает нам, что вся физика как таковая (и, по сути, вся наука) находится на верном пути. Все сходится.

Что это за *главный* вопрос? Откуда мы знаем, что теории согласуются? Дело в том, что возраст Вселенной, вычисленный космологами — 13,8 млрд лет, — ненамного больше возраста звезд, определенного астрофизиками. Но, несмотря на то что об этом фундаментальном открытии впору кричать на всех углах, на него мало обращают внимание. Я постараюсь восстановить справедливость.

Последние события в мире науки проливают свет на то, почему была забыта значимость этого совпадения возрастов. Я решил написать эту книгу весной 2013 года, когда в заголовках СМИ появились данные со спутника «Планк». Все писали, что, оказывается, Вселенная старше, чем мы думали. Космологов тогда это возмутило. Да, возраст Вселенной был увеличен, но всего с 13,77 до 13,82 млрд лет, меньше чем на полпроцента (а потом еще и скорректирован до 13,80 млрд лет)! Однако самое важное в этих данных то, что мы вообще сумели узнать ее возраст с такой потрясающей точностью. Поколение наших отцов (хотя они уже знали, что Вселенная имеет начало) могло лишь сказать, что ей примерно между десятью и двадцатью миллиардами лет. Но и точность новейших измерений — только половина научной важности этого открытия как для физики, о которой преимущественно и пойдет речь в книге, так и для других наук (философскую и религиозную стороны вопроса я здесь не затрагиваю).

Судя по возрасту самых старых звезд, они лишь немногим моложе Вселенной. Если этот факт сам по себе недостаточно впечатляет, представьте, что подумали бы ученые, если бы все было наоборот: если бы звезды оказались старше Вселенной! Это значило бы, что по крайней мере одна из двух их любимых теорий — квантовая физика или общая теория относительности — неверна.

[11]

Впрочем, не стоит даже представлять себе, что подумали бы ученые в таком случае. Согласование возрастов, о котором я упомянул, стало результатом процесса, начавшегося сразу после Второй мировой войны, то есть — так уж совпало — длившегося всю мою жизнь. Я не только работал в одном из научных коллективов, занимавшихся измерением возраста Вселенной, но и лично знал многих участников этого процесса. Когда я был ребенком, астрономы были уверены, что звезды действительно старше Вселенной. Это было одной из основ модели стационарной Вселенной, воспринимаемой бесконечной и практически неизменной во времени и пространстве. Далее я расскажу, как от этого явного противоречия 1940-х годов удалось прийти к современному согласованию данных, в том числе насколько значимыми оказались результаты наблюдений спутника «Планк», и вы поймете, почему все это так важно. Одновременно я введу вас в курс дела, рассказав историю космологии и астрофизики. Начну с открытий XIX века, указавших путь к пониманию природы звезд и Вселенной, — к самому важному факту.

Пролог

2,712

Измеряя температуру Вселенной

Полвека назад, в 1965 году, американские астрономы Арно Пензиас и Роберт Вильсон* сообщили, что им случайно удалось уловить слабый радиошум, поступающий из всего космического пространства. Тогда они еще не знали, что это космическое микроволновое фоновое, или, как его еще называют, реликтовое, излучение было более чем за десять лет до этого описано в рамках модели возникновения Вселенной в результате Большого взрыва Георгием Гамовым** и его коллегами. По удивительному совпадению в том же году другой коллектив

* Арно Пензиас (р. 1933) — американский астрофизик, профессор, лауреат Нобелевской премии по физике (1978) за открытие космического микроволнового фонового излучения. Роберт Вильсон (р. 1936) — американский физик, лауреат Нобелевской премии по физике (1978) за открытие космического микроволнового реликтового излучения.
Прим. ред.

** Георгий Гамов (1904—1968) — советский и американский физик-теоретик, астрофизик и популяризатор науки. *Прим. ред.*

астрономов под руководством Джима Пиблса* самостоятельно (не зная о выводах группы Гамова) пришел к идее существования такого излучения и даже начал строить детектор для его поиска. Когда Пиблс узнал об обнаружении шума, он быстро понял, что это подтверждает теорию Большого взрыва; в своем отчете Пензиас и Вильсон сознательно не упомянули об этом, так как сами они поддерживали модель стационарной Вселенной. Тем не менее практически со дня публикации этого отчета теория Большого взрыва стала основной космологической парадигмой. Температура реликтового излучения на сегодня составляет 2,712 К, или $-270,288^{\circ}\text{C}$, что свидетельствует о невероятно высокой изначальной температуре Вселенной и убедительно доказывает, что у нее было начало.

[13]

Вначале Пензиас и Вильсон не понимали всей значимости собственного открытия. Они проводили опыты в Лаборатории Белла при американской телефонно-телеграфной компании AT&T и использовали антенну на Кроуфордском холме в штате Нью-Джерси, созданную для проверки осуществимости глобальной коммуникации через спутники: политика компании позволяла ученым проводить наряду с прикладными, телекоммуникационными, и чисто научные исследования.

Телефонная лаборатория Белла была основана как исследовательское подразделение AT&T 1 января 1925 года. Спустя всего пару лет два исследователя, Клинтон Дэвиссон и его помощник Лестер Гермер, доказали волновую природу электрона, совершив ключевое открытие в квантовой физике. В результате в 1937 году Дэвиссон стал первым ученым в Лаборатории Белла, удостоенным Нобелевской премии. Первым, но не последним. Здесь же был изобретен транзистор, авторы которого Уильям Шокли и Уолтер Браттейн разделили Нобелевскую премию 1956 года. К началу 1960-х Лаборатория Белла получила широкое признание как центр научной мысли и множество молодых исследователей мечтали там работать.

* Джим Пиблс (р. 1935) — канадский и американский физик, работающий в области теоретической космологии. *Прим. ред.*

[14]

Арно Пензиас стал одним из них. Его родители, евреи, жили в Германии (отец был родом из Польши). Арно появился на свет в Мюнхене 26 апреля 1933 года; как раз в этот день было создано гестапо. Старший сын в зажиточной семье, он не ощущал сгущающихся над страной туч до 1938 года, когда нацисты стали собирать всех евреев, не имевших германских паспортов, и отправлять их в Польшу. Польские власти питали к евреям почти такую же неприязнь, что и немецкие, и 1 ноября 1938 года закрыли границу, прервав этот новый Исход. Поезд, на котором ехала семья Пензиас, прибыл на несколько часов позже и был отправлен обратно в Мюнхен. Отцу Арно дали полгода на то, чтобы убраться из страны, в противном случае ему грозило преследование. Так в возрасте шести лет Арно и его младший брат, за которым мальчику было поручено присматривать, были отправлены в Англию. Родителям удалось получить визы чуть позже, они чудом успели выбраться из Германии до начала Второй мировой войны. За несколько месяцев до этого глава семьи с удивительной предусмотрительностью купил билеты на океанский лайнер до Нью-Йорка, и семья встретила Рождество и 1940 год посреди Атлантики.

Жизнь беженцев принесла Пензиасам значительные финансовые трудности, но, как впоследствии написал в своей Нобелевской автобиографии Арно, «считалось само собой разумеющимся, что я пойду в колледж и стану ученым». Единственной доступной возможностью оказался Городской колледж Нью-Йорка. Там Арно познакомился со своей будущей женой Анной. По прибытии в Нью-Йорк дети получили имена на американский манер: Арно стал Алленом, а его брат Гюнтер — Джимом, но, чтобы не путать Пензиаса с другим знакомым ей Алленом, Анна стала называть его Арно — так к молодому ученому вернулось его имя, и с тех пор он подписывался «Арно А. Пензиас».

Арно и Анна поженились в 1954 году. В том же году он окончил Городской колледж, а после двух лет службы в армии связистом продолжил обучение в Колумбийском университете. Здесь Пензиас получил докторскую степень, причем его научным руководителем был Чарльз Таунс, которому в 1964 году была присуждена Нобелевская премия за исследования

мазера* и лазера. Таунс проработал в Лаборатории Белла с 1939 по 1947 год. Именно он рекомендовал Пензиаса, которому удалось получить место в 1961 году. Арно мечтал использовать рупорную антенну на Кроуфордском холме для радиоастрономических экспериментов, но в тот период она все еще была зарезервирована только для работы со спутниками, в частности «Телстаром» (созданным в той же лаборатории и планируемым к запуску в 1962 году), поэтому Пензиас начал работу над другим проектом. Впоследствии оказалось, что антенна для спутника не понадобится, и Пензиас смог начать радиоастрономические опыты. Как раз в это время в лаборатории появился второй астроном — Роберт Вильсон, и в начале 1963 года молодые ученые объединили свои усилия.

[15]

Вильсон был немного моложе Пензиаса: он родился 10 января 1936 года в Хьюстоне. Его отец был разведчиком нефтяных месторождений, в свободное время он увлекался починкой радиоприемников, поэтому мальчик с детства разбирался в электронике. Роберт неплохо, хотя и не блестяще, учился в школе и в 1953 году, как он сам свидетельствует в нобелевской автобиографии, «еле-еле поступил» в Университет Райса**. Вильсону так понравилось учиться и «испытывать радость побед», что он окончил курс с отличием и в 1957 году поступил в аспирантуру физического факультета Калифорнийского технологического института (Калтех), пока еще не имея четкого представления о теме будущей диссертации. Там он выбрал курс космологии. Его преподавателем был Фред Хойл***, увлекший молодого ученого идеей стационарной Вселенной (поз-

* Квантовый генератор, излучающий когерентные электромагнитные волны сантиметрового диапазона (микроволны). Название maser — аббревиатура фразы «Усиление микроволн с помощью вынужденного излучения» (microwave amplification by stimulated emission of radiation) — было предложено в 1954 году Чарльзом Таунсом, одним из его создателей. *Прим. ред.*

** Частный исследовательский университет США, расположенный в Хьюстоне. Основан в 1912 году и назван в честь Уильяма Райса — человека, вложившего все свое состояние в создание университета, который открылся уже после его смерти. *Прим. ред.*

*** Сэр Фред Хойл (1915–2001) — известный британский астроном и космолог, автор нескольких научно-фантастических романов. *Прим. ред.*

[16]

же я расскажу об этом подробнее); но еще более важную роль в жизни Вильсона сыграло предложение Дэвида Дьюхирста* из Кембриджа (их с Хойлом пригласили читать лекции) заняться радиоастрономией, на которое он ответил согласием. Перед началом исследований Роберт провел лето 1958 года в Хьюстоне, где женился на Элизабет Соун.

В качестве предмета исследования Вильсон выбрал радиокарту Млечного пути, которую составлял с помощью нового телескопа радиообсерватории в долине Оуэнс; эта работа была для молодого ученого идеальным сочетанием электроники и физики. Роберт дописал докторскую в 1962 году. Сначала его научным руководителем был Джон Болтон, австралийский ученый, сыгравший важную роль в создании телескопа. А когда тот вернулся в Австралию, его место занял Мартен Шмидт**. За время работы Вильсон «проникся уважением к Лаборатории Белла», ведь там разработали мазер-усилители для использования в телескопе в долине Оуэнс, а еще он слышал о новой рупорной антенне. Роберт присоединился к команде, работающей на Кроуфордском холме, в 1963 году, когда понял, что ему разумнее действовать не в одиночку, а вместе с Арно Пензиасом, единственным радиоастрономом Лаборатории. Сотрудничество получилось крепким: когда из-за финансовых проблем бюджет радиоастрономического направления сократился до одной ставки, оба ученых решили работать на полставки, а освободившееся время посвятить прикладному направлению. Но это случилось уже после их открытия, удостоенного Нобелевской премии.

Форма рупорной антенны предназначена минимизировать помехи с Земли и обеспечить самое точное измерение силы радиошума (подобно свету, он представляет собой часть электромагнитного спектра), поступающего из разных точек космоса, преимущественно с искусственных спутников, но также

* Дэвид Дьюхирст (1926–2012) — астроном и библиотекарь обсерватории в Кембридже и Институте астрономии с 1950 года до выхода на пенсию в 1993 году. *Прим. ред.*

** Мартен Шмидт (р. 1929) — голландский астроном, измеривший расстояния до астрономических объектов, именуемых квазарами. Лауреат премии Кавли (2008) в области астрофизики. *Прим. ред.*

и от естественных объектов, таких как звезды и газовые облака. Сила такого радиошума измеряется по температуре, калибруемой по температуре радиации, испускаемой так называемым абсолютно черным телом. Этот кажущийся странным термин для обозначения излучающего тела появился потому, что объекты, представляющие собой идеальные поглотители электромагнитного излучения (и потому черные), при нагревании тоже оказываются идеальными излучателями (см. главу 1). Характер этого излучения полностью определяется температурой излучающего объекта.

[17]

Ученые измеряют температуру в градусах по шкале Кельвина (К без знака градуса). Размер градуса такой же, как на шкале Цельсия, но 0 К — это абсолютный ноль, наименьшая возможная температура ($-273,15^{\circ}\text{C}$). Округляя, можно сказать, что средняя температура на поверхности Земли равна примерно 300 К. Тщательно проработанная конструкция рупорной антенны позволяла сократить фиксируемые радиотелескопом помехи с Земли до менее чем 0,05 К. Чтобы оптимально использовать антенну, до начала астрономических наблюдений Пензиас и Вильсон решили построить для нее приемник-радиометр с такой же или, по крайней мере, максимально возможной чувствительностью.

Усилители, использованные в приемнике (похожие на те, что Вильсон применял в Калифорнии), были охлаждены до 4,2 К с помощью жидкого гелия, а для калибровки системы Пензиас придумал «холодную нагрузку», тоже охлажденную жидким гелием примерно до 5 К. Переключая антенну с наблюдений за холодной нагрузкой на наблюдения за небом, ученые смогли измерить воспринимаемую температуру Вселенной (предполагалось, что она равна нулю по Кельвину) и сделать поправку на известные факторы, такие как помехи из атмосферы и от радиометра. Оставшийся шум, как они предполагали, производится самой антенной и может быть устранен разнообразными способами, например полировкой прибора. Разумеется, они рассчитывали, что в итоге никакого лишнего шума не останется вообще и это будет признаком того, что телескоп работает корректно и можно переходить к радиоастрономическим исследованиям.

[18]

По сути, нечто подобное этой калибровке уже было сделано ранее (только с меньшей точностью и без необходимой холодной нагрузки) инженерами, создававшими рупорную антенну. Они проверяли, достаточно ли она чувствительна для поставленных целей. Один из них, Эд Ом, опубликовал результаты проверок в «Техническом журнале Bell System»* за 1961 год. Он сообщил, что температура измерений телескопа, направленного в небо, составила 22,2 К с точностью до $\pm 2,2$ К (то есть в диапазоне 20–24,4 К). Подсчитанное его коллегами количество шума в системе из атмосферы, вызванного остаточным нагревом радиометра и тому подобным, составило 18,9 К с точностью до 3 К (15,9–21,9 К). Если вычесть средние данные друг из друга, температура неба окажется равной 3,2 К. Но в целом два набора величин пересекались, и Ом сделал вывод, что «наиболее вероятная минимальная температура системы» — 21 ± 1 К. Однако по мере выверки системы Пензиасом и Вильсоном ошибок становилось все меньше, а разница между ожидаемыми и реальными измерениями все больше увеличивалась. Вскоре стало очевидно, что излучение, поступающее от антенны в приемник, по крайней мере на 2 К теплее, чем они ожидали.

Оба ученых сделали все возможное для устранения всех источников помех для антенны, даже очистили ее от помета, оставленного построившими рядом гнездо голубями, и приклеили алюминиевую фольгу на все стыки с заклепками. Ничто не помогало. Загадка «избыточной температуры антенны» мучила их весь 1964 год, ставя под угрозу радиоастрономический исследовательский проект как таковой. Впрочем, они находили время и для других задач: в декабре 1964 года на собрании Американской ассоциации содействия развитию науки в Вашингтоне Пензиас познакомился с коллегой-радиоастрономом Бернардом Бёрке из Массачусетского технологического института (МИТ). Три месяца спустя в телефонном разговоре Арно рассказал Бернарду,

* Периодическое издание американской телефонно-телеграфной компании AT&T, посвященное освещению научно-технических аспектов электрической связи. Выходил под этим названием с 1922 до 1983 год и под разными другими названиями до 1995 года.
Прим. ред.

что слышал о проекте команды ученых Принстонского университета (это всего в получасе езды от Кроуфордского холма) под руководством Джима Пиблса и Роберта Дикке*. Кажется, этот проект мог пролить свет на проблему «избыточного» излучения. Обсудив это с Вильсоном, Пензиас позвонил Дикке, который как раз был на встрече с коллегами — Пиблсом и двумя младшими сотрудниками, Питером Роллом и Дэвидом Уилкинсоном. Дикке внимательно выслушал Пензиаса и сделал несколько замечаний. Положив трубку, он повернулся к коллегам и сказал: «Ребята, нас обскакали»².

[19]

Пензиас и Вильсон не знали, что коллектив Принстона разрабатывает идею о том, что Вселенная расширялась из исходного горячего и плотного состояния и что она наполнена холодным фоновым излучением — радишумом микроволнового диапазона. На следующий же день принстонцы отправились за 50 километров на встречу с Пензиасом и Вильсоном для проверки их радиотелескопа. Они моментально поверили, что исследователи Лаборатории Белла уловили именно это реликтовое излучение и что «избыточная» температура никак не связана с антенной, а представляет собой температуру самой Вселенной. Хотя сами Пензиас и Вильсон сомневались в этом и в первую очередь потому, что больше верили в концепцию стационарной Вселенной, утверждавшую, что по своей сути Вселенная вечна и неизменна. Однако они с облегчением восприняли то, что обнаруженное ими явление может быть научно объяснено.

Как же именно оно было объяснено? Совсем коротко идею Дикке можно назвать «Большой взрыв, но не такой, каким мы его знаем». Родившийся в 1916 году Дикке был на поколение старше Пензиаса, Вильсона и своих ассистентов из Принстона. Во время Второй мировой он работал над проблемами радаров и создал так называемый радиометр Дикке для анализа именно того типа микроволнового излучения, которое позднее обнаружили Пензиас

* Роберт Дикке (1916–1997) — американский физик, член Национальной академии наук США с 1967 года; известен своими работами в области астрофизики, атомной физики, космологии и гравитации. *Прим. ред.*

[20]

и Вильсон. И уже в 1946 году, изучая с помощью этого радиометра излучение атмосферы Земли, выяснил, что любой «шум», поступающий вертикально сверху (то есть из космоса), соответствует температуре до 20 К. Впрочем, в тот период он не помышлял о космологии и к 1965 году уже совершенно забыл об этих измерениях. Дикке вновь вернулся к вопросу фонового излучения, столкнувшись с проблемой происхождения химических элементов; эта тема постоянно поднималась в различных исследованиях, описываемых в этой книге.

К середине 1940-х годов стало ясно (я подробнее расскажу об этом в главе 1), что большую часть видимой материи во Вселенной составляют водород и гелий. Яркие звезды и галактики состоят из водорода примерно на 75% и из гелия примерно на 24%. Оставшийся процент — это все остальное, включая состав планеты Земля и наших с вами организмов. Водород — самый простой элемент: каждый его атом состоит всего из одного протона и одного электрона. Исходя из того, что это базовый строительный блок материи, астрофизики не могли понять, как же сформировались прочие элементы.

Первым ученым, который применил космологические идеи в попытке понять происхождение химических элементов, стал Георгий Гамов — физик — эмигрант из СССР, в то время работавший в Университете Джорджа Вашингтона в столице США. Получив подтверждение того, что Вселенная непрерывно расширяется — тогда это открытие только было сделано (подробнее см. главу 6), — Гамов первым всецело поддержал идею, что она образовалась из исходного плотного и горячего состояния под влиянием того, что мы сегодня называем Большим взрывом. Он предположил, что изначально существовал горячий, плотный газ, состоящий из нейтронов. Эти нестабильные незаряженные частицы легко распадаются на один протон и один электрон, образуя атомы водорода. Если перед Большим взрывом температура и плотность были достаточно высокими, протоны (ядра атомов водорода) могли объединяться попарно (этот процесс называется слиянием ядер), образуя вместо водорода дейтерий (тяжелый водород). Дальнейшие столкновения сформировали ядра гелия, состоящие из двух протонов

и двух нейтронов. Гамов поручил аспиранту Ральфу Альферу* рассчитать, насколько эффективным мог быть этот процесс, и совместно с ним выяснил, что, хотя получить таким образом гелий действительно несложно, более тяжелые элементы просто не успели бы сформироваться до того, как расширяющаяся Вселенная остыла бы до прекращения процесса слияния ядер. Гамова это не смутило. Никогда не сомневавшийся в своих силах ученый заявил, что его теория объясняет происхождение 99% видимой Вселенной, так что остальное — всего лишь детали, которые можно оставить для выяснения другим исследователям.

[21]

Проведенные расчеты легли в основу докторской диссертации Ральфа Альфера и были опубликованы в журнале *Physical Review*** в 1948 году. Неумный шутник Георгий Гамов решил включить в число авторов своего друга Ганса Бете***, поскольку ряд «Альфер, Бете, Гамов» напоминал начало греческого алфавита: альфа, бета, гамма. Альфер был огорчен тем, что ему досталась лишь треть признания за эту важную работу, но повлиять на решение руководителя не мог и утешался тем, что его имя стояло первым. Эту работу и сегодня называют «исследование альфа-бета-гамма». Оно стало ключевым шагом в космологии уже потому, что впервые доказало возможность проведения научных расчетов в рамках теории Большого взрыва. Однако вопрос происхождения всех элементов, помимо водорода и гелия, оставался без ответа.

Неясность с происхождением элементов (ядерным синтезом) стала одной из причин, по которой в том же 1948 году Германом

* Ральф Альфер (1921–2007) — американский космолог, наиболее известен новаторской работой начала 1950-х гг. по теории Большого взрыва, в том числе большого нуклеосинтеза взрыва и предсказаний космического микроволнового фонового излучения. *Прим. ред.*

** Американский научный журнал, публикующий аспекты теоретических и экспериментальных исследований в области физики. Издаётся Американским физическим обществом с 1913 года. *Прим. ред.*

*** Ганс Бете (1906–2005) — американский астрофизик, лауреат Нобелевской премии по физике (1967). *Прим. ред.*

[22]

Бонди, Томми Голдом* и Фредом Хойлом была выдвинута альтернатива Большому взрыву — теория стационарной Вселенной. В основе их концепции лежала идея, что хотя Вселенная и расширяется (скопления звезд, называемые галактиками, отходят дальше друг от друга), она не образовалась в конкретный момент времени из некоего горячего и плотного состояния, а всегда имела приблизительно нынешний вид. По мере расширения в промежутках между галактиками возникает новая материя в виде атомов водорода, которая затем включается в новые звезды и галактики. Далее внутри звезд происходит ядерный синтез. Этот процесс представляется намного более медленным, чем ядерный синтез, описанный Гамовым и его коллегами в рамках теории Большого взрыва, но, поскольку теория стационарной Вселенной предполагает, что она существует неограниченный период времени, это не проблема. Как мы увидим в дальнейшем, Хойл сделал особенно значительный вклад в разработку понимания ядерного синтеза внутри звезд, и некоторое время в конце 1950-х годов ему удавалось отбрасывать теорию Большого взрыва как ненужную (интересно, что он случайно придумал сам термин «Большой взрыв», рассказывая о нем в радиопередаче BBC). Однако Хойл обнаружил, что, хотя ядерный синтез внутри звезд действительно объяснял возникновение пресловутого 1% материи, объяснить происхождение всего гелия во Вселенной с его помощью было невозможно. Для интерпретации всех элементов в видимой Вселенной необходимо было использовать еще и идею ядерного синтеза согласно теории Большого взрыва... Однако мы забегаем вперед.

Дикке смущала мысль, что вся материя во Вселенной могла быть создана за долю секунды во время Большого взрыва, но ему не казалось правдоподобным и то, что материя создается непрерывно в промежутках между галактиками. Впрочем, существовал еще и третий вариант — так называемая циклическая Вселенная. Согласно этой теории, количество материи во Вселенной остается

* Сэр Герман Бонди (1919–2005) — англо-австрийский математик и космолог. Томас Голд (1920–2004) — астрофизик австрийского происхождения, профессор астрономии Корнелльского университета, член американской Национальной академии наук, а также Лондонского королевского общества. *Прим. ред.*

неизменным, но после фазы расширения наступает фаза сжатия: Вселенная доходит до горячего и плотного состояния, как перед Большим взрывом, и вновь расширяется, возрождаясь, словно Феникс*.

[23]

К 1950-м годам уже было ясно, что в галактиках, подобных нашему Млечному пути, есть два вида звезд, так называемые Население I и Население II. Население II — это старые звезды, содержащие относительно мало тяжелых элементов (астрономы все элементы тяжелее гелия называют металлами). Они почти полностью состоят из водорода и гелия. Население I — это молодые звезды, включающие относительно высокий процент тяжелых элементов («металлов»). Предполагается, что они появились из материи, полученной при распаде предыдущего поколения звезд и обогащенной (или, если угодно, загрязненной) «металлами», — это явное свидетельство ядерного синтеза внутри звезд. Однако, понял Дикке, в рамках модели циклической, или пульсирующей, Вселенной этап сжатия должен был бы оказаться настолько горячим, что все «металлы» вновь распались бы обратно на водород и гелий. Это соображение привело его к мысли, что Вселенная вокруг нас все-таки действительно развилась из исходного горячего и плотного состояния, даже если это был не единственный в истории Большой взрыв. Примерно в 1964 году ученый предложил только что защитившему докторскую диссертацию коллеге Джиму Пиблсу просчитать необходимую для описанных процессов температуру и вероятную температуру остаточного излучения в наши дни. Примерные расчеты Пиблса показали, что сегодня Вселенная должна быть наполнена микроволновым излучением с температурой менее 10 К, и Ролл с Уилкинсоном уже готовились искать это излучение, когда раздался звонок Пензиаса.

Итогом встречи двух групп исследователей стали две работы, опубликованные в одном и том же июльском номере *Astrophysical Journal*** за 1965 год. Первой шла статья Дикке, Пиблса, Ролла

* Модель «пульсирующей Вселенной» Дикке на самом деле несколько сложнее, но, поскольку она оказалась несостоятельной, я не стану углубляться в ее детали.

** Научный журнал, издаваемый в США, в котором публикуются статьи по астрофизике и астрономии. *Прим. ред.*

[24]

и Уилкинсона с изложением теории реликтового излучения раннего периода существования Вселенной. За ней — труд Пензиаса и Вильсона с осторожным названием «Измерение избыточной антенной температуры на частоте 4080 МГц». В нем не упоминалась потенциальная значимость открытия, на нее намекала лишь одна фраза — «возможное объяснение наличия шумов при измерении температуры дано Дикке, Пиблсом, Роллом и Уилкинсоном в совместной статье в этом выпуске». Они пока не были готовы отказаться от идеи стационарной Вселенной! «Мы считали, — рассказывает Вильсон в своей Нобелевской речи, — что результаты наших измерений не зависят от теории и представляют самостоятельный интерес». Более того, Дикке вспоминал, что «Пензиас и Вильсон вообще не собирались писать статью, пока мы не сказали им, что пишем свою»³. Однако в 1978 году, после того как множество измерений, произведенных на самых разных длинах волн многими группами астрономов, подтвердили, что открытое ими излучение действительно реликтовое эхо Большого взрыва, имеющее температуру 2,712 К, Пензиас и Вильсон разделили Нобелевскую премию за свое изобретение. Говорят, они сочли бы для себя достаточным упоминание в качестве пятого и шестого имени в списке после Дикке, Пиблса, Ролла и Уилкинсона*. В таком случае премия, видимо, ушла бы Дикке. Но не жалейте ученого: в этой истории и без него есть кого пожалеть.

С момента защиты докторской Ральф Альфер непрерывно думал о Большом взрыве. К тому времени он работал над проверкой очередной гипотезы Гамова с еще одним его протеже, Робертом Херманом. У Георгия Гамова был невероятный, но очень усложняющий жизнь его коллег талант приходить к фундаментальным открытиям на основе неполной или даже полностью неверной информации. В 1948 году его осенила догадка, которую Пензиас впоследствии описал как «некорректную почти во всех деталях предсказаниях», тем не менее она содержала важнейшую истину⁴. Гамов понял, что хотя температура Большого взрыва должна

* Об этом говорил то ли Пензиас, то ли Вильсон, но я не могу сейчас найти источник.

была быть очень высокой, чтобы происходил ядерный синтез, она не могла быть слишком высокой: в противном случае обладающие большой энергией фотоны (частицы света) разрушали бы ядра гелия по мере их образования. Этот фактор накладывает на конец фазы первичного огненного шара, во время которой образовывался гелий, ограничение по температуре примерно в миллиард градусов (10^9 K) независимо от предшествующих условий. Альфер и Херман проанализировали и уточнили эту идею, скорректировали детали и расширили ее значение, просчитав, что остаточное излучение от этого огненного шара должно до сих пор наполнять Вселенную, имея температуру в несколько кельвинов. Эти результаты были опубликованы в 1948 году в виде краткой заметки в одном из самых читаемых научных журналов — *Nature*⁵. Ученые пришли к выводу, что «температура Вселенной в настоящее время составляет около 5 K».

Предположение часто приписывают самому Гамову, но это неверно. Альфер и Херман писали: «Хотя наш добрый друг и коллега Гамов сначала не поверил в значимость, пользу и научную обоснованность нашего предположения о пяти кельвинах и прошло несколько лет, прежде чем оно было принято всерьез, впоследствии он посвятил ему несколько работ»⁶. Георгий Гамов известен также как увлеченный популяризатор науки: он описал эту идею в своих книгах, что и привело к массовому заблуждению, будто он ее и придумал, «эффект апостола Матфея»*, как его называли Альфер и Херман. В своей книге «Создание Вселенной» (1952), к примеру, Гамов пишет: «Мы считаем, что нынешняя температура равна 50 градусам Кельвина». Столь сильная неточность характерна для Гамова, но она не могла не заинтриговать образованных читателей. Удивительно, что Дикке и его коллеги до 1964 года не слышали об исследовании Альфера и Хермана, тем более что в 1940-х годах Дикке работал с микроволновым оборудованием. Если бы ему удалось прочесть работу Альфера и Хермана, то, располагая технологиями того времени (и необходимой холодной нагрузкой), он смог бы обнаружить фоновое излучение, а Альфер

* «Ибо всякому имеющему дастся и приумножится, а у неимеющего отнимется и то, что имеет» (Мф. 25:29).

[26]

и Херман получили бы заслуженную славу. Еще более странно то, что и Вильсон, и Уилкинсон утверждали, что их интерес к науке в свое время был вызван книгами Гамова, однако идея фонового излучения почему-то прошла мимо их внимания⁷.

Разумеется, Гамов, Альфер и Херман были огорчены тем, что столь громкое открытие не связали с их именами: они впервые прочли о нем в передовице New York Times. Последовавшие взаимные обвинения хорошо изложены в работе Джона Мазера и Джона Бослоу, сыгравших в дальнейшем свою роль в изучении реликтового излучения, поэтому нет нужды рассказывать о них здесь⁸. Но, пожалуй, стоит упомянуть о нескольких других упущенных возможностях.

Как я уже рассказывал в книге *In Search of the Big Bang* («В поисках Большого взрыва»), череда несостоявшихся открытий реликтового излучения тянется в прошлое вплоть до начала 1940-х годов, когда проводились исследования спектров света звезд, проходящего через облака межзвездной материи — смеси газа и пыли. Особенности поглощения этого света, приводящие к линиям в спектре, могут дать представление о температуре этих облаков, и, проведя исследования конкретных свойств молекул циана*, астроном Эндрю Маккеллар из Доминьонской астрофизической обсерватории в Канаде пришел к выводу, что эта температура составляет от 2 до 3 К. Этот результат был хорошо известен астрономам, но никому не пришло в голову, что температура облаков была именно такой, потому что она поддерживалась фоновым излучением, словно в очень слабой микроволновке.

Персонажи моей любимой истории о «недогадливых» ученых — Фред Хойл и Георгий Гамов. В 1956 году Хойл приехал в Ла-Хойю в Калифорнии, где в тот момент проездом находился и Гамов, который катался по округе на своем новеньком белом кадиллаке-кабриолете (очень типично для него). В этот период Гамов, главный защитник идеи Большого взрыва, утверждал, что Вселенная наполнена излучением с температурой около 5 К,

* Бесцветный газ с резким запахом. *Прим. ред.*

а Хойл, основной агитатор за модель стационарной Вселенной, настаивал, что этого излучения не существует. Этим двоим было о чем поговорить. В статье для журнала *New Scientist** 1981 года [27] Хойл вспоминал:

Иногда мы с Георгием уезжали вдвоем поспорить. Помню, Георгий возил меня по округе на белом кадиллаке, толкая о своем убеждении, что во Вселенной должно быть реликтовое излучение, а я отвечал ему, что с такой высокой температурой, как он говорит, излучения быть не может, потому что наблюдения над радикалами CH и CN, проведенные Эндрю Маккелларом, установили для подобного фона верхний предел в 3 К. То ли нас слишком разнежил комфорт кадиллака, то ли захватил спор (Георгий говорил, что температура выше 3 К, а я — что 0 К), но, так или иначе, мы упустили свой шанс. <...> И видимо, за грехи мои я еще раз точно так же упустил его, обсуждая с Бобом Дикке проблемы теории относительности в 1961 году, во время 20-й итальянской летней школы физики в Варенне. Я явно просто не был готов открыть реликтовое излучение⁹.

И все остальные, помимо Пензиаса и Вильсона, тоже не были к этому готовы! По сути, Гамову, которого «обскакали», некого было винить, кроме самого себя.

К 1964 году даже Хойл начал сомневаться в стационарной модели Вселенной, по крайней мере, в ее простейших принципах. Выяснилось, что внутри звезд не могло образоваться достаточно гелия, и он начал исследовать возможность его появления в другом месте. Возможно, был не один Большой взрыв, а несколько Маленьких взрывов в разных точках Вселенной? Хойл развил эту

* Еженедельный научно-популярный журнал на английском языке; с 1996 года также поддерживается сайт, на котором публикуются современные исследования для широкого круга читателей. *Прим. ред.*

[28]

гипотезу совместно с младшим коллегой Роджером Тайлером*. Они совместно просчитали, что подобная последовательность событий должна была повлечь за собой массу фонового излучения; Хойл, конечно, уже знал о работе Альфера и Хермана, но пришел к аналогичному заключению другим путем. Однако даже в 1964 году он не соотнес свои выводы с наблюдениями Маккеллара. В первом варианте подготовленной к печати статьи Хойл и Тайлер предсказывали открытие космического фонового излучения, но Хойл удалил эту часть перед публикацией, хотя Тайлер, как он сам много позже признавался мне, хотел ее оставить.

Ближе всех к открытию реликтового излучения подошли (и тоже не довели дело до конца!) в СССР. Прodelав в течение нескольких месяцев огромную работу, отчет о которой вышел в 1964 году, советские ученые сложили, казалось, все части головоломки, не хватило лишь одной. Яков Борисович Зельдович**, один из колоссов советской науки, осуществил расчеты, аналогичные тем, что провел коллектив Гамова, и тоже пришел к выводу, что Вселенная должна была начаться с горячего Большого взрыва, оставившего фоновое излучение с температурой в несколько кельвинов. Он даже знал о статье Ома в «Техническом журнале Bell System», но, как мы увидим, неверно интерпретировал выводы автора. Менее известный советский астроном Юрий Смирнов оценил температуру фонового излучения как находящуюся в диапазоне между 1 и 20 К. Отталкиваясь от его расчетов, Андрей Дорошкевич и Игорь Новиков*** опубликовали статью, в которой отметили, что наилучшим образом подготовленная к обнаружению такого излучения антенна — рупорная антенна на Кроуфордском холме.

* Роджер Тайлер (1929–1997) — британский астроном; внес важный вклад в исследования строения и эволюции звезд, устойчивости плазмы, нуклеогенеза и космологии. *Прим. ред.*

** Яков Зельдович (1914–1987) — советский физик и физикохимик, академик АН СССР, доктор физико-математических наук, профессор. Трижды Герой Социалистического Труда (1949, 1954, 1956). *Прим. ред.*

*** Андрей Дорошкевич — советский астрофизик. Игорь Новиков (р. 1935) — российский астрофизик-теоретик и космолог. В середине 1980-х годов сформулировал принцип самосогласованности Новикова, ставший важным вкладом в теорию путешествий во времени. *Прим. ред.*

Почему же советские исследователи не поняли, что Ома уже открыл это излучение? Из-за ошибки в переводе. В статье Ома утверждалось, что измеренная им температура неба составила около 3 К. Это означало, что он вычел все возможные источники радиопомех и что 3 К — это температура оставшегося фона. Однако по случайному совпадению такой же (3 К) была и температура излучения атмосферы, поправку на которую Ома тоже сделал. Советские специалисты ошибочно решили, что именно эти 3 К и остались у Ома после всех предыдущих корректировок, вычли и их и остались ни с чем. В наши дни подобные ошибки понимания легко устранились бы в процессе электронной переписки, но в начале 1960-х годов коммуникация между учеными Советского Союза и Соединенных Штатов была весьма затруднена.

[29]

Несмотря на все фальстарты и недопонимания, космическое микроволновое фоновое излучение в итоге удалось открыть. В течение последующих десятилетий его изучали все более глубоко, и некоторые плоды этих исследований будут описаны во второй части этой книги. Главное здесь то, что это излучение, обладающее температурой 2,712 К, подтверждает, что Вселенная в таком виде, в каком она нам известна сегодня, имеет конкретное начало, относящееся к конкретной временной точке. Но какой именно точке? Вот здесь-то и начинается самое интересное...



[Почитать описание, рецензии
и купить на сайте](#)

Лучшие цитаты из книг, бесплатные главы и новинки:



[Mifbooks](#)



[Mifbooks](#)



[Mifbooks](#)