РАСШИРЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ

 Если в ясную безлунную ночь посмотреть на небо, то, ско­рее всего, самыми яркими объектами, которые вы увидите, бу­дут планеты Венера, Марс, Юпитер и Сатурн. Кроме того, вы уви­дите огромное количество звезд, похожих на наше Солнце, но находящихся гораздо дальше от нас. При обращении Земли вок­руг Солнца некоторые из этих «неподвижных» звезд чуть-чуть меняют свое положение относительно друг друга, т. е. на самом деле они вовсе не неподвижны! Дело в том, что они несколько ближе к нам, чем другие. Поскольку же Земля вращается вокруг Солнца, близкие звезды видны все время в разных точках фона более удаленных звезд. Благодаря этому можно непосредственно измерить расстояние от нас до этих звезд: чем они ближе, тем сильнее заметно их перемещение. Самая близкая звезда, назы­ваемая Проксимой Центавра, находится от нас на расстоянии приблизительно четырех световых лет (т. е. свет от нее идет до Земли около четырех лет), или около 37 миллионов миллионов километров. Большинство звезд, видимых невооруженным гла­зом, удалены от нас на несколько сотен световых лет. Сравните это с расстоянием до нашего Солнца, составляющим всего во­семь световых минут! Видимые звезды рассыпаны по всему ноч­ному небу, но особенно густо в той полосе, которую мы назы­ваем Млечным Путем. Еще в 1750 г. некоторые астрономы выска­зывали мысль, что существование Млечного Пути объясняется тем, что большая часть видимых звезд образует одну дискообразную конфигурацию — пример того, что сейчас называется спи­ральной галактикой. Лишь через несколько десятилетий астроном Уильям Гершель подтвердил это предположение, выполнив колос­сальную работу по составлению каталога положений огромного количества звезд и расстояний до них. Но даже после этого пред­ставление о спиральных галактиках было принято всеми лишь в начале нашего века.

Современная картина Вселенной возникла только в 1924 г., когда американский астроном Эдвин Хаббл показал, что наша Галактика не единственная. На самом деле существует много других галактик, разделенных огромными областями пустого прост­ранства. Для доказательства Хабблу требовалось определить рас­стояния до этих галактик, которые настолько велики, что, в отличие от положений близких звезд, видимые положения галактик действительно не меняются. Поэтому для измерения расстояний Хаббл был вынужден прибегнуть к косвенным методам. Видимая яркость звезды зависит от двух факторов: от того, какое коли­чество света излучает звезда (ее светимости), и от того, где она находится. Яркость близких звезд и расстояние до них мы можем измерить; следовательно, мы можем вычислить и их светимость. И наоборот, зная светимость звезд в других галактиках, мы могли бы вычислить расстояние до них, измерив их видимую яркость, Хаббл заметил, что светимость некоторых типов звезд всегда од­на и та же, когда они находятся достаточно близко для того, чтобы можно было производить измерения. Следовательно, рассуждал Хаббл, если такие звезды обнаружатся в другой галактике, то, предположив у них такую же светимость, мы сумеем вычислить расстояние до этой галактики. Если подобные расчеты для несколь­ких звезд одной и той же галактики дадут один и тот же результат, то полученную оценку расстояния можно считать надежной.

 Таким путем Хаббл рассчитал расстояния до девяти разных галактик. Теперь известно, что наша Галактика — одна из не­скольких сотен тысяч миллионов галактик, которые можно наблю­дать в современные телескопы, а каждая из этих галактик в свою очередь содержит сотни тысяч миллионов звезд. На рисунке ниже показано, какой увидел бы нашу Галактику наблюдатель, живу­щий в какой-нибудь другой галактике.

 Наша Галактика имеет около ста тысяч световых лет в поперечнике. Она медленно вра­щается, а звезды в ее спиральных рукавах каждые несколько сотен миллионов лет делают примерно один оборот вокруг ее центра. Наше Солнце представляет собой обычную желтую звез­ду средней величины, расположенную на внутренней стороне од­ного из спиральных рукавов. Какой же огромный путь мы прошли от Аристотеля и Птолемея, когда Земля считалась центром Все­ленной!

 Звезды находятся так далеко от нас, что кажутся просто све­тящимися точками в небе. Мы не различаем ни их размеров, ни формы. Как же можно говорить о разных типах звезд? Для подав­ляющего большинства звезд существует только одно характер­ное свойство, которое можно наблюдать — это цвет идущего от них света. Ньютон открыл, что, проходя через трехгранный ку­сок стекла, называемый призмой, солнечный свет разлагается, как в радуге, на цветовые компоненты (спектры). Настроив те­лескоп на какую-нибудь отдельную звезду или галактику, можно аналогичным образом разложить в спектр свет, испускаемый этой звездой или галактикой. Разные звезды имеют разные спектры, но относительная яркость разных цветов всегда в точности такая же, как в свете, который излучает какой-нибудь раскаленный до­красна предмет. (Свет, излучаемый раскаленным докрасна непрозрачным предметом, имеет очень характерный спектр, зависящий только от температуры предмета — тепловой спектр. Поэтому мы можем определить температуру звезды по спектру излучаемого ею света.) Кроме того, мы обнаружим, что некоторые очень спе­цифические цвета вообще отсутствуют в спектрах звезд, причем отсутствующие цвета разные для разных звезд. Поскольку, как мы знаем, каждый химический элемент поглощает свой опреде­ленный набор характерных цветов, мы можем сравнить их с теми цветами, которых нет в спектре звезды, и таким образом точно определить, какие элементы присутствуют в ее атмосфере.

 В 20-х годах, когда астрономы начали исследование спектров звезд других галактик, обнаружилось нечто еще более странное: в нашей собственной Галактике оказались те же самые харак­терные наборы отсутствующих цветов, что и у звезд, но все они были сдвинуты на одну и ту же величину к красному концу спект­ра. Чтобы понять смысл сказанного, следует сначала разобрать­ся с эффектом Доплера. Как мы уже знаем, видимый свет — это колебания электромагнитного поля. Частота (чис­ло волн в одну секунду) световых колебаний чрезвычайно вы­сока—от четырехсот до семисот миллионов миллионов волн в секунду. Человеческий глаз воспринимает свет разных частот как разные цвета, причём самые низкие частоты соответствуют красному концу спектра, самые высокие — фиолетовому. Представим себе источник света, расположенный на фиксированном расстоянии от нас (например, звезду), излучающий с постоянной частотой световые волны. Очевидно, что частота приходящих волн будет такой же, как та, с которой они излучаются (пусть гра­витационное поле галактики невелико и его влияние несущест­венно). Предположим теперь, что источник начинает двигаться в нашу сторону. При испускании следующей волны источник ока­жется ближе к нам, а потому время, за которое гребень этой вол­ны до нас дойдет, будет меньше, чем в случае неподвижной звез­ды. Стало быть, время между гребнями двух пришедших волн будет меньше, а число волн, принимаемых нами за одну секунду (т.е. частота), будет больше, чем когда звезда была неподвижна. При удалении же источника частота приходящих волн будет мень­ше. Это означает, что спектры удаляющихся звезд будут сдви­нуты к красному концу (красное смещение), а спектры прибли­жающихся звезд должны испытывать фиолетовое смещение. Такое соотношение между скоростью и частотой называется эффектом Доплера, и этот эффект обычен даже в нашей повседневной жиз­ни. Прислушайтесь к тому, как идет по шоссе машина: когда она приближается, звук двигателя выше (т. е. выше частота испуска­емых им звуковых волн), а когда, проехав мимо, машина начи­нает удаляться, звук становится ниже. Световые волны и радио­волны ведут себя аналогичным образом. Эффектом Доплера поль­зуется полиция, определяя издалека скорость движения автома­шин по частоте радиосигналов, отражающихся от них. Доказав, что существуют другие галактики, Хаббл все последующие годы посвятил составлению каталогов расстояний до этих галактик и наблюдению их спектров. В то время большинство ученых счи­тали, что движение галактик происходит случайным образом и поэтому спектров, смещенных в красную сторону, должно наблю­даться столько же, сколько и смещенных в фиолетовую. Каково же было удивление, когда у большей части галактик обнаружи­лось красное смещение спектров, т. е. оказалось, что почти все галактики удаляются от нас! Еще более удивительным было от­крытие, опубликованное Хабблом в 1929 г.: Хаббл обнаружил, что даже величина красного смещения не случайна, а прямо про­порциональна расстоянию от нас до галактики. Иными словами, чем дальше находится галактика, тем быстрее она удаляется! А это означало, что Вселенная не может быть статической, как думали раньше, что на самом деле она непрерывно расширяется и расстояния между галактиками все время растут.

 Открытие расширяющейся Вселенной было одним из великих интеллектуальных переворотов двадцатого века. Задним числом мы можем лишь удивляться тому, что эта идея не пришла никому в голову раньше. Ньютон и другие ученые должны были бы со­образить, что статическая Вселенная вскоре обязательно начала бы сжиматься под действием гравитации. Но предположим, что Вселенная, наоборот, расширяется. Если бы расширение происхо­дило достаточно медленно, то под действием гравитационной си­лы оно в конце концов прекратилось бы и перешло в сжатие. Од­нако если бы скорость расширения превышала некоторое кри­тическое значение, то гравитационного взаимодействия не хватило бы, чтобы остановить расширение, и оно продолжалось бы веч­но. Все это немного напоминает ситуацию, возникающую, когда с поверхности Земли запускают вверх ракету. Если скорость ра­кеты не очень велика, то из-за гравитации она в конце концов остановится и начнет падать обратно. Если же скорость ракеты больше некоторой критической (около одиннадцати километров в секунду), то гравитационная сила не сможет ее вернуть и ракета будет вечно продолжать свое движение от Земли. Расширение Вселенной могло быть предсказано на основе ньютоновской теории тяготения в XIX, XVIII и даже в конце XVII века. Однако вера в статическую Вселенную была столь велика, что жила в умах еще в начале нашего века. Даже Эйнштейн, разрабатывая в 1915 г. об­щую теорию относительности, был уверен в статичности Вселен­ной. Чтобы не вступать в противоречие со статичностью, Эйн­штейн модифицировал свою теорию, введя в уравнения так назы­ваемую космологическую постоянную. Он ввел новую «антиграви­тационную» силу, которая в отличие от других сил не порожда­лась каким-либо источником, а была заложена в саму струк­туру пространства-времени. Эйнштейн утверждал, что простран­ство-время само по себе всегда расширяется и этим расширени­ем точно уравновешивается притяжение всей остальной материи во Вселенной, так что в результате Вселенная оказывается ста­тической. По-видимому, лишь один человек полностью поверил в общую теорию относительности: пока Эйнштейн и другие фи­зики думали над тем, как обойти нестатичность Вселенной, пред­сказываемую этой теорией, русский физик и математик А. А. Фридман, наоборот, занялся ее объяснением.

 Фридман сделал два очень простых исходных предположе­ния: во-первых, Вселенная выглядит одинаково, в каком бы направ­лении мы ее ни наблюдали, и, во-вторых, это утверждение должно оставаться справедливым и в том случае, если бы мы произво­дили наблюдения из какого-нибудь другого места. Не прибегая ни к каким другим предположениям, Фридман показал, что Вселенная не должна быть статической. В 1922 г., за несколько лет до откры­тия Хаббла, Фридман в точности предсказал его результат!

 Предположение об одинаковости Вселенной во всех направле­ниях на самом деле, конечно, не выполняется. Как мы, напри­мер, уже знаем, другие звезды в нашей Галактике образуют четко выделяющуюся светлую полосу, которая идет по всему небу ночью — Млечный Путь. Но если говорить о далеких галакти­ках, то их число во всех направлениях примерно одинаково. Следовательно, Вселенная действительно «примерно» одинакова во всех направлениях — при наблюдении в масштабе, большом по сравне­нию с расстоянием между галактиками, когда отбрасываются мелкомасштабные различия.

 Долгое время это было единственным обоснованием гипотезы Фридмана как «грубого» приближения к реальной Вселенной. Но потом по некой случайности выяснилось, что гипотеза Фридмана и в самом деле дает удивительно точное описание нашей Все­ленной.

В 1965 г. два американских физика, Арно Пензиас и Роберт Вильсон, работавших на фирме Bell Laboratories в шт. Нью-Джерси, испытывали очень чувствительный «микроволновый», т. е. сверхвысокочастотный (С В Ч), детектор. (Микроволны — это то же, что и световые волны, но их частота всего лишь десять тысяч миллионов волн в секунду.) Пензиас и Вильсон заметили, что уровень шума, регистрируемого их детектором, выше, чем должно быть. Этот шум не был направленным, приходящим с какой-то определенной стороны. Сначала названные исследователи обнару­жили в детекторе птичий помет и пытались объяснить эффект другими причинами подобного рода, но потом все такие «факто­ры» были исключены. Они знали, что любой шум, приходящий из атмосферы, всегда сильнее не тогда, когда детектор направ­лен прямо вверх, а когда он наклонен, потому что лучи света, иду­щие из-за горизонта, проходят через значительно более толстые слои атмосферы, чем лучи, попадающие в детектор прямо сверху. «Лишний» же шум одинаков, куда бы ни направлять детектор. Следовательно, источник шума должен находиться за пределами атмосферы. Шум был одинаковым и днем, и ночью, и вообще в течение года, несмотря на то, что Земля вращается вокруг своей оси и продолжает свое вращение вокруг Солнца. Это означало, что источник излучения находится за пределами Солнечной си­стемы и даже за пределами нашей Галактики, ибо в противном случае интенсивность излучения изменялась бы, поскольку в свя­зи с движением Земли детектор меняет свою ориентацию. Как мы знаем, по пути к нам излучение проходит почти через всю наблюдаемую Вселенную. Коль скоро же оно одинаково во всех направлениях, то, значит, и сама Вселенная одинакова во всех направлениях, по крайней мере в крупном масштабе. Теперь нам известно, что, в каком бы направлении мы ни производили наблюдения, этот шум изменяется не больше, чем на одну деся­титысячную. Так Пензиас и Вильсон, ничего не подозревая, дали удивительно точное подтверждение первого предположения Фрид­мана.

 Приблизительно в это же время два американских физика из расположенного по соседству Принстонского университета, Боб Дикке и Джим Пиблс, тоже занимались исследованием микроволн. Они проверяли предположение Джорджа Гамова (бывшего ученика А. А. Фридмана) о том, что ранняя Вселенная была очень горячей, плотной и раскаленной добела. Дикке и Пиблс выска­зали ту мысль, что мы можем видеть свечение ранней Вселенной, ибо свет, испущенный очень далекими ее областями, мог бы дойти до нас только сейчас. Но из-за расширения Вселенной красное смещение светового спектра должно быть так велико, что дошед­ший до нас свет будет уже микроволновым (СВЧ) излучением. Дикке и Пиблс готовились к поиску такого излучения, когда Пен­зиас и Вильсон, узнав о работе Дикке и Пиблса, сообразили, что они его уже нашли. Зa этот эксперимент Пензиас и Вильсон были удостоены Нобелевской премии 1978 г. (что было не совсем спра­ведливо, если вспомнить о Дикке и Пиблсе, не говоря уже о Гамове!).

Правда, на первый взгляд, тот факт, что Вселенная кажется нам одинаковой во всех направлениях, может говорить о какой-то выделенности нашего местоположения во Вселенной. В частно­сти, раз мы видим, что все остальные галактики удаляются от нас, значит, мы находимся в центре Вселенной. Но есть и дру­гое объяснение: Вселенная будет выглядеть одинаково во всех на­правлениях и в том случае, если смотреть на нее из какой-нибудь другой галактики. Это вторая гипотеза Фридмана. Нет научных доводов ни за, ни против этого предположения, и его приняли, так сказать, из скромности: было бы крайне странно, если бы Вселенная казалась одинаковой во всех направ­лениях только вокруг нас, а в других ее точках этого не было! В модели Фридмана все галактики удаляются друг от друга. Это вроде бы как надутый шарик, на который нанесены точки, если его все больше надувать. Расстояние между любыми двумя точ­ками увеличивается, но ни одну из них нельзя назвать центром расширения. Притом, чем больше расстояние между точками, тем быстрее они удаляются друг от друга. Но и в модели Фридмана скорость, с которой любые две галактики удаляются друг от друга, пропорциональна расстоянию между ними. Таким обра­зом, модель Фридмана предсказывает, что красное смещение галактики должно быть прямо пропорционально ее удаленности от нас, в точном соответствии с открытием Хаббла. Несмотря на успех этой модели и на согласие ее предсказаний с наблю­дениями Хаббла, работа Фридмана оставалась неизвестной на за­паде, и лишь в 1935 г. американский физик Говард Робертсон и английский математик Артур Уолкер предложили сходные модели в связи с открытием Хаббла.

 **Сам** Фридман рассматривал только одну модель, но можно ука­зать три разные модели, для которых выполняются оба фунда­ментальных предположения Фридмана. В модели первого типа (открытой самим Фридманом) Вселенная расширяется достаточномедленно для того, чтобы в силу гравитационного притя­жения между различными галактиками расширение Вселенной за­медлялось и в конце концов прекращалось. После этого галак­тики начинают приближаться друг к другу, и Вселенная начи­нает сжиматься. На рисунке показано, как меняется со временем расстояние между двумя соседними галактиками.



Оно возрастает от нуля до некоего максимума, а потом опять падает до нуля. В модели второго типа расширение Вселенной происходит так быстро, что гравитационное притяжение, хоть и замедляет рас­ширение, не может его остановить. На следующем рисунке показано, как изменяется в этой модели расстояние между галактиками.

 Кри­вая выходит из нуля, а в конце концов галактики удаляются друг от друга с постоянной скоростью. Есть, наконец, и модель третьего типа, в которой скорость расширения Вселенной только-только до­статочна для того, чтобы избежать сжатия до нуля (коллапса). В этом случае расстояние между галактиками тоже сначала равно нулю, а потом все время возрастает. Правда, галак­тики «разбегаются» все с меньшей и меньшей скоростью, но она никогда не падает до нуля.

 Модель Фридмана первого типа удивительна тем, что в ней Вселенная не бесконечна в пространстве, хотя пространство не имеет границ. Гравитация настолько сильна, что пространство, искривляясь, замыкается с самим собой, уподобляясь земной по­верхности. Ведь, перемещаясь в определенном направлении по поверхности Земли, вы никогда не натолкнетесь на абсолютно непреодолимую преграду, не вывалитесь через край и в конце кон­цов вернетесь в ту же самую точку, откуда вышли. В первой мо­дели Фридмана пространство такое же, но только вместо двух измерений поверхность Земли имеет три измерения. Четвертое измерение, время, тоже имеет конечную протяженность, но оно по­добно отрезку прямой, имеющему начало и конец. Потом мы уви­дим, что если общую теорию относительности объединить с кван-товомеханическим принципом неопределенности, то окажется, что и пространство, и время могут быть конечными, не имея при этом ни краев, ни границ.

 Мысль о том, что можно обойти вокруг Вселенной и вернуть­ся в то же место, годится для научной фантастики, но не имеет практического значения, ибо, как можно показать, Вселенная ус­пеет сжаться до нуля до окончания обхода. Чтобы вернуться в исходную точку до наступления конца Вселенной, пришлось бы передвигаться со скоростью, превышающей скорость света, а это невозможно!

 В первой модели Фридмана (в которой Вселенная расширяется и сжимается) пространство искривляется, замыкаясь само на се­бя, как поверхность Земли. Поэтому размеры его конечны. Во второй же модели, в которой Вселенная расширяется бесконечно, пространство искривлено иначе, как поверхность седла. Таким об­разом, во втором случае пространство бесконечно. Наконец, в третьей модели Фридмана (с критической скоростью расширения) пространство плоское (и, следовательно, тоже бесконечное).

 Но какая же из моделей Фридмана годится для нашей Вселен­ной? Перестанет ли Вселенная наконец расширяться и начнет сжиматься или же будет расширяться вечно? Чтобы ответить на этот вопрос, нужно знать нынешнюю скорость расширения Все­ленной и ее среднюю плотность. Если плотность меньше неко­торого критического значения, зависящего от скорости расшире­ния, то гравитационное притяжение будет слишком мало, чтобы остановить расширение. Если же плотность больше критической, то в какой-то момент в будущем из-за гравитации расширение Вселенной прекратится и начнется сжатие.

 Сегодняшнюю скорость расширения Вселенной можно опреде­лить, измеряя (по эффекту Доплера) скорости удаления от нас других галактик. Такие измерения можно выполнить очень точ­но. Но расстояния до других галактик нам плохо известны, по­тому что их нельзя измерить непосредственно. Мы знаем лишь, что Вселенная расширяется за каждую тысячу миллионов лет на 5—10%. Однако неопределенность в современном значении сред­ней плотности Вселенной еще больше. Если сложить массы всех наблюдаемых звезд в нашей и в других галактиках, то даже при самой низкой оценке скорости расширения сумма окажется мень­ше одной сотой той плотности, которая необходима для того, чтобы расширение Вселенной прекратилось. Однако и в нашей, и в других галактиках должно быть много «темной материи», которую нельзя видеть непосредственно, но о существовании ко­торой мы узнаем по тому, как ее гравитационное притяжение влияет на орбиты звезд в галактиках. Кроме того, галактики в основном наблюдаются в виде скоплений, и мы можем аналогич­ным образом сделать вывод о наличии еще большего количества межгалактической темной материи внутри этих скоплений, влия­ющего на движение галактик. Сложив массу всей темной материи, мы получим лишь одну десятую того количества, которое необ­ходимо для прекращения расширения. Но нельзя исключить воз­можность существования и какой-то другой формы материи, рас­пределенной равномерно по всей Вселенной и еще не зарегистри­рованной, которая могла бы довести среднюю плотность Вселен­ной до критического значения, необходимого, чтобы остановить расширение. Таким образом, имеющиеся данные говорят о том, что Вселенная, вероятно, будет расширяться вечно. Единственное, в чем можно быть совершенно уверенным, так это в том, что если сжатие Вселенной все-таки произойдет, то никак не раньше, чем через десять тысяч миллионов лет, ибо по крайней мере столько времени она уже расширяется. Но это не должно нас слишком сильно тревожить: к тому времени, если мы не переселимся за пределы Солнечной системы, человечества давно уже не будет — оно угаснет вместе с Солнцем!

 Все варианты модели Фридмана имеют то общее, что в какой-то момент времени в прошлом (десять — двадцать тысяч миллионов лет назад) расстояние между соседними галактиками должно бы­ло равняться нулю. В этот момент, который называется боль­шим взрывом, плотность Вселенной и кривизна пространства-вре­мени должны были быть бесконечными. Поскольку математики реально не умеют обращаться с бесконечно большими величи­нами, это означает, что, согласно общей теории относительности (на которой основаны решения Фридмана), во Вселенной должна быть точка, в которой сама эта теория неприменима. Такая точ­ка в математике называется особой (сингулярной). Все наши научные теории основаны на предположении, что пространство-время гладкое и почти плоское, а потому все эти теории неверны в сингулярной точке большого взрыва, в которой кривизна прост­ранства-времени бесконечна. Следовательно, даже если бы перед большим взрывом происходили какие-нибудь события, по ним нельзя было бы спрогнозировать будущее, так как в точке большого взрыва возможности предсказания свелись бы к нулю. Точно так же, зная только то, что произошло после большого взрыва (а мы знаем только это), мы не сможем узнать, что происходило до него. События, которые произошли до большого взрыва, не мо­гут иметь никаких последствий, касающихся нас, и поэтому не должны фигурировать в научной модели Вселенной. Следователь­но, нужно исключить их из модели и считать началом отсчета времени момент большого взрыва.

 Мысль о том, что у времени было начало, многим не нравится, возможно, тем, что в ней есть намек на вмешательство божест­венных сил. (В то же время за модель большого взрыва ухвати­лась католическая церковь и в 1951 г. официально провозгласи­ла, что модель большого взрыва согласуется с Библией.) В свя­зи с этим известно несколько попыток обойтись без большого взрыва. Наибольшую поддержку получила модель стационарной Вселенной. Ее авторами (1948) были X. Бонди и Т. Гоулд, бе­жавшие из оккупированной нацистами Австрии, и англичанин Ф. Хойл, который во время войны работал с ними над пробле­мой радиолокации. Их идея состояла в том, что по мере разбегания галактик на освободившихся местах из нового непрерывно рождающегося вещества все время образуются новые галактики. Следовательно, Вселенная должна выглядеть примерно одинаково во все моменты времени и во всех точках пространства. Конечно, для непрерывного «творения» вещества требовалась некоторая мо­дификация теории относительности, но нужная скорость творе­ния оказывалась столь малой (одна частица на кубический кило­метр в год), что не возникало никаких противоречий с экспери­ментом. Стационарная модель — это пример хорошей научной тео­рии: она простая и дает определен­ные предсказания, которые можно проверять путем наблюдений. Одно из ее предсказаний таково: должно быть постоянным число галактик и других аналогичных объектов в любом заданном объе­ме пространства независимо от того, когда и где во Вселенной производятся наблюдения. В конце 50-х — начале 60-х годов астрономы из Кембриджского университета под руководством М. Райла (который во время войны вместе с Бонди, Гоулдом и Хойлом тоже занимался разработкой радиолокации) составили каталог источников радиоволн, приходящих из внешнего простран­ства. Эта кембриджская группа показала, что большая часть этих радиоисточников должна находиться вне нашей Галактики (мно­гие источники можно было отождествить даже с другими галак­тиками) и, кроме того, что слабых источников гораздо больше, чем сильных. Слабые источники интерпретировались как более удаленные, а сильные — как те, что находятся ближе. Далее, ока­залось, что число обычных источников в единице объема в удаленных областях больше, чем вблизи. Это могло означать, что мы находимся в центре огромной области Вселенной, в которой меньше источников, чем в других местах. Но возможно было и другое объяснение: в прошлом, когда радиоволны начали свой путь к нам, источников было больше, чем сейчас. Оба эти объяснения противоречат предсказаниям теории стационарной Вселенной. Кро­ме того, микроволновое излучение, обнаруженное в 1965 г. Пензиасом и Вильсоном, тоже указывало на большую плотность Все­ленной в прошлом, и поэтому от модели стационарной Вселенной пришлось отказаться.

 В 1963 г. два советских физика, Е. М. Лифшиц и И. М. Ха­латников, сделали еще одну попытку исключить большой взрыв, а с ним и начало времени. Лифшиц и Халатников высказали пред­положение, что большой взрыв — особенность лишь моделей Фридмана, которые, в конце концов, дают лишь приближенное описание реальной Вселенной. Не исключено, что из всех моделей, в какой-то мере описывающих существующую Вселенную, сингу­лярность в точке большого взрыва возникает только в моделях Фридмана. Согласно Фридману, все галактики удаляются в пря­мом направлении друг от друга, и поэтому нет ничего удивитель­ного в том, что когда-то в прошлом все они находились в одном месте. Однако в реально существующей Вселенной галактики ни­когда не расходятся точно по прямой: обычно у них есть еще и небольшие составляющие скорости, направленные под углом. По­этому на самом деле галактикам не нужно находиться точно в одном месте — достаточно, чтобы они были расположены очень близко друг к другу. Тогда нынешняя расширяющаяся Вселен­ная могла возникнуть не в сингулярной точке большого взрыва, а на какой-нибудь более ранней фазе сжатия; может быть, при сжа­тии Вселенной столкнулись друг с другом не все частицы. Какая-то доля их могла пролететь мимо друг друга и снова разойтись в разные стороны, в результате чего и происходит наблюдаемое сейчас расширение Вселенной. Как тогда определить, был ли на­чалом Вселенной большой взрыв? Лифшиц и Халатников заня­лись изучением моделей, которые в общих чертах были бы по­хожи на модели Фридмана, но отличались от фридмановских тем, что в них учитывались нерегулярности и случайный харак­тер реальных скоростей галактик во Вселенной. В результате Лифшиц и Халатников показали, что в таких моделях большой взрыв мог быть началом Вселенной даже в том случае, если га­лактики не всегда разбегаются по прямой, но это могло выпол­няться лишь для очень ограниченного круга моделей, в которых движение галактик происходит определенным образом. Посколь­ку же моделей фридмановского типа, не содержащих большой взрыв, бесконечно больше, чем тех, которые содержат такую син­гулярность, Лифшиц и Халатников утверждали, что на самом деле большого взрыва не было. Однако позднее они нашли гораздо более общий класс моделей фридмановского типа, которые содер­жат сингулярности и в которых вовсе не требуется, чтобы галак­тики двигались каким-то особым образом. Поэтому в 1970 г. Лифшиц и Халатников отказались от своей теории.

Тем не менее, их работа имела очень важное значение, ибо показала, что если верна общая теория относительности, то Все­ленная могла иметь особую точку, большой взрыв. Но эта работа не давала ответа на главный вопрос: следует ли из общей теории относительности, что у Вселенной должно было быть начало вре­мени — большой взрыв? Ответ на этот вопрос был получен при совершенно другом подходе, предложенном в 1965 г. английским математиком и физиком Роджером Пенроузом. Исходя из пове­дения световых конусов в общей теории относительности и того, что гравитационные силы всегда являются силами притяжения, Пенроуз показал, что когда звезда сжимается под действием соб­ственных сил гравитации, она ограничивается областью, поверх­ность которой, в конце концов, сжимается до нуля. А раз поверх­ность этой области сжимается до нуля, то же самое должно про­исходить и с ее объемом. Все вещество звезды будет сжато в нулевом объеме, так что ее плотность и кривизна пространства-времени станут бесконечными. Иными словами, возникнет син­гулярность в некой области пространства-времени, называемая черной дырой.

 Несмотря на то, что теорема Пенроуза относилась, на первый взгляд, только к звездам, С. Хокинг, автор книги «От Большого Взрыва до черных дыр», прочитав в 1965 г. о теореме Пенроуза, согласно которой любое тело в процессе гравитационного коллапса должно в конце концов сжаться в сингулярную точку, понял, что если в этой теореме изменить направление времени на обратное, так чтобы сжатие перешло в расширение, то эта теорема тоже будет верна, коль скоро Вселенная сейчас хотя бы грубо приближенно описывается в крупном масштабе моделью Фридмана. По соображениям технического характера в теорему Пенроуза "оыло введено в качестве условия требование, чтобы Вселенная была бесконечна в пространстве. Поэтому на основании этой теоремы Хокинг мог доказать лишь, что сингулярность должна существовать, если расширение Вселенной происходит достаточно быстро, чтобы не началось повторное сжатие (ибо только такие фридмановские модели бесконечны в пространстве). Потом Хокинг несколько лет разрабатывал новый математический аппарат, который позволил бы устранить это и другие техничес­кие условия из теоремы о необходимости сингулярности. В итоге в 1970 г. Хокинг с Пенроузом написали совместную статью, в кото­рой наконец доказали, что сингулярная точка большого взрыва должна существовать, опираясь только на то. что верна общая тео­рия относительности и что во Вселенной содержится столько ве­щества, сколько мы видим.

 **КРАСНОЕ СМЕЩЕНИЕ —** увеличение длин волн линий в спектре источника (смещение линий в сторону красной части спектра) по сравнению с линиями эталонных спектров. Количественно красное смещение характеризуется обычно величиной ž=(λприн — λисп)/λисп, где λисп и λприн - соответственно длина волны, испущенной источником, и длина вол­ны, принятой наблюдателем (приёмни­ком излучения). Известны два механиз­ма, приводящих к появлению красного смещения.

 Красное смещение, обусловленное эффектом Доплера, возникает в том случае, когда движение источника света относительно наблюдателя приво­дит к увеличению расстояния между ними*.* В релятиви­стском случае, когда скорость движения источника сравнима со скоростью света, красное смещение может возникнуть и в том случае, если расстояние между движущимся источником и приёмником не изменяет­ся (т. н. поперечный эффект Доплера). Красное смещение, возникающее при этом, интер­претируется как результат релятивист­ского «замедления» времени на источнике по отношению к наблюдателю.

 Гравитационное красное смещение воз­никает, когда приёмник света находится в области с меньшим (по модулю) гра­витационным потенциалом φ, чем источ­ник. В классической интерпретации этого эффекта фотоны теряют часть энергии (энергии фотона ε = hν*0)* на преодоле­ние сил гравитации. В результате харак­теризующая фотон частота ν уменьшает­ся, а длина волны излучения λ *=* c/ν растёт: ν= ν0(l + (φ1 – φ2)/с2), где φ1 и φ2 – гравитационные потенциалы в местах генерации и приёма излучения. Приме­ром гравитационного красного смещения может служить наб­людаемое смещение линий в спектрах плотных звёзд — белых карликов.

Наибольшие красные смещения наблюдаются в спектрах далёких внегалактических объек­тов — галактик и квазаров — и интер­претируются как следствие расширения Вселенной. Величина z в первом приближении прямо пропор­циональна лучевой скорости объектов, которая для внегалактических объектов про­порциональна расстоянию r. Зависи­мость z от r часто называют законом Хаббла:

cz = Hr*,* а величину H *-* постоянной Хаббла*.* Закон Хабб­ла обычно используется для определе­ния расстояний до внегалактических объек­тов по их красному смещению, если последнее доста­точно велико (10-3<z<1**,** см.). Красное смещение для наиболее далёких из известных галактик составляют ~ 1, а для ряда квазаров превышают 3,5.

Список использованной литературы:

С. Хокинг «От Большого Взрыва до черных дыр»

Физика космоса: маленькая энциклопедия.