

Оглавление

Глава 3	3
Глава 3.1	5
Глава 3.2	12
Глава 3.3	16
Выводы	16
Литература	17

Обзор, подборка материала по большому взрыву.

Глава 3

Известно утверждение, что гипотеза о Большом Взрыве возникла после того, как было обнаружено расширение Вселенной. Обратив этот процесс в обратном направлении времени, учёные обнаружили, что 14 млрд. лет назад все объекты Вселенной сошлись в одной точке. Однако уравнение ОТО, из которого выводится закон Хаббла, даёт несколько иные выводы. Действительно, решение уравнения для масштабного фактора даёт решение:

$$\frac{\dot{a}}{a} = H \rightarrow a = r_0 e^{Ht} \quad (\text{ВВ01})$$

Действительно, подставим в исходное уравнение масштабный фактор и его производную:

$$\frac{\dot{a}}{a} = \frac{r_0 H e^{Ht}}{r_0 e^{Ht}} = H \quad (\text{ВВ02})$$

Масштабный фактор имеет размерность расстояния. Подставляем в уравнение для него значение времени $t = 0$:

$$a = r_0 e^{H \cdot 0} = r_0$$

Получается, что масштабный фактор – это расстояние между объектами в некоторый начальный момент времени. При этом оно определённо не равно нулю, что явно не вяжется с гипотезой о Большом Взрыве. То есть, в начальный момент времени Вселенная имела бесконечно большие размеры. Однако из этих уравнений прямо следует уравнение Хаббла:

$$a = r_0 e^{Ht} \equiv r = r_0 e^{Ht}$$

Из чего находим:

$$\dot{a} = r_0 H e^{Ht} \equiv \dot{r} = v = r_0 H e^{Ht} \quad (\text{ВВ03})$$

Подставляем в уравнение ОТО (ВВ01) и получаем закон Хаббла (ВВ02). Следует отметить, что закон Хаббла имеет полный аналог в физике Ньютона. Там похожее уравнение для средней или неизменной скорости записывается следующим образом:

$$v = \frac{r}{t}$$

Или инверсно:

$$\frac{v}{r} = \frac{1}{t}$$

Эти уравнения можно переписать в более общем виде, когда они будут верны и для мгновенной скорости, изменяющейся во времени:

$$\frac{\dot{r}}{r} = \frac{1}{t}$$

В уравнении теперь все переменные являются функциями от времени. В таком виде уравнение означает, что в любой момент времени t скорость тела на расстоянии r от начальной точки равна v . Если обозначить величину справа через H , то получим практически уравнение ОТО:

$$\frac{\dot{r}}{r} = H \rightarrow \frac{\dot{a}}{a} = H$$

Преобразуем полученное уравнение Ньютона в обычное дифференциальное уравнение:

$$\dot{r} - Hr = 0$$

Это уравнение Ньютона имеет простое решение, которое в точности совпадает со стандартным законом Хаббла для расстояний:

$$r = r_0 e^{Ht}$$

То есть, известный закон Хаббла является одновременно и рядовым законом физики Ньютона для найденного закона увеличения расстояний между объектами:

$$\frac{v}{r} = \frac{r_0 H e^{Ht}}{r_0 e^{Ht}} = H \rightarrow v = rH$$

С учётом этого можно дать этому закону другое название – закон Ньютона-Хаббла. В физике Ньютона этот закон можно назвать законом растяжения резинового жгута или пружины. Если край жгута вытягивается с некоторой, в частности, переменной скоростью, то величина скорости каждой точки жгута пропорционально её удалённости от неподвижной точки, точки крепления. В законе Хаббла роль жгута исполняет пространство-время.

Вместе с тем, собственно закон Хаббла в таком виде ничего не говорит о возникновении Вселенной из ничего, из бесконечно малой точки, о Большом Взрыве. Его исходное решение (ВВ01) явно показывает, что до момента времени $t = 0$ вполне могло быть какое-то движение, ведущее к нулевым дистанциям, точечному масштабному фактору только на отрицательной бесконечности:

$$\frac{\dot{a}}{a} = H \rightarrow \lim_{t \rightarrow -\infty} a = \lim_{t \rightarrow -\infty} r_0 e^{Ht} = 0$$

Буквально это следует понимать как несколько иной Большой Взрыв, взрыв в бесконечном прошлом до начала хаббловского расширения Вселенной. Отсюда становится видна ещё одна, куда более веская причина появления гипотезы об инфляции. На интервале времени между Большим Взрывом и началом известного хаббловского расширения Вселенной требуется инфляционное расширение Вселенной. Это весьма короткий интервал времени, поэтому даже с его учётом уравнения закона Хаббла практически не меняют своего вида:

$$r = r_0 e^{H(t_{\text{inf}} + t)}$$

Здесь t_{inf} – это время от Большого Взрыва до момента начала хаббловского расширения, то есть время инфляции и некоторых следующих за нею процессов, например, эпохи рекомбинации, аннигиляции и прочих. Суммарное время этих процессов, видимо, не превышает нескольких миллионов лет. С его учётом из уравнений Хаббла находим новый закон Хаббла:

$$\frac{\dot{a}}{a} = \frac{r_0 H e^{H(t_{\text{inf}} + t)}}{r_0 e^{H(t_{\text{inf}} + t)}} = H$$

Замечаем, что его вид совпадает с прежним. Получается, что само по себе инфляционное расширение для закона Хаббла не имеет никакого значения. Кроме того, можно заметить интересную особенность *стандартного* закона Хаббла (ВВ03). Нередко указывается, что возраст Вселенной и величина параметра Хаббла H_0 являются взаимно обратными величинами. Это означает, что закон Хаббла связывает скорости v_{14} и удалённости r_{14} каждого из наблюдаемых объектов только для *одного момента времени* – наших дней и соответствующего ему параметра Хаббла H_0 :

$$v_{14} = r_{14} H_0$$

Здесь индекс 14 означает текущий момент времени, наши дни. Если считать период времени до начала хаббловского расширения достаточно малым, то его можно просто отбросить, принять равным нулю. Однако такое отбрасывание позволяет, в свою очередь, выдвинуть другую гипотезу, в которой инфляционное расширение вообще отсутствует. Это гипотеза о *веществолизации* Материи [8]. Первооснова всего сущего – Материя – испытывает явление, напоминающее процесс в камере Вильсона. В некоторый момент времени, 14 млрд. лет назад, Материя в наблюдаемой области пространства как бы сконденсировалась, перешла в одну из своих бесчисленных форм – вещественную, *веществолизировалась*. Далее процесс

конденсации замедлился и в свободных от вещества областях Материя продолжает создавать теперь уже только "атомы пространства", элементы физического вакуума.

Для этой гипотезы ускоренное расширение Вселенной не является серьёзной проблемой, однако замедленное является более удобным, оно предполагает, что исходная субстанция, исходный материал для вещества – Материя – заканчивается. Гипотеза также приемлемо объясняет, почему пространство расширяется только вне гравитационно связанных областей: можно сказать, что повышенная напряжённость гравитационного поля препятствует переходу Материи в вещество, в элементы физического вакуума. Понятно, что эта гипотеза не нуждается в тёмной энергии.

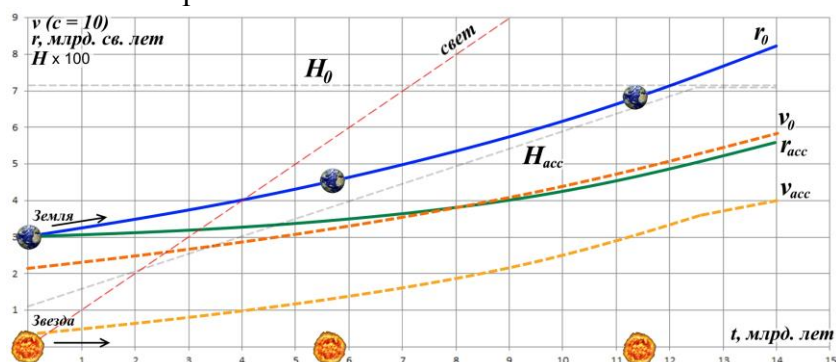
Глава 3.1

На img40-14 изображены графики движения Земли относительно сверхновой, Звезды в двух вариантах. Графики $r_0(t)$ и $v_0(t)$ показывают удалённость Земли от Звезды и её скорости, соответственно. На этих графиках условно показаны изображения Земли и Звезды в разные моменты времени. Стрелки показывают движение Земли в пространстве-времени и Звезды – во времени. Видим, что расстояние между объектами возрастает во времени экспоненциально. В начальный момент времени расстояние между ними было равно 3 млрд. световых лет, а через 7 млрд. лет движения возросло до 5 млрд. световых лет. Поскольку вертикальная ось имеет общую для всех графиков градацию, масштабы графиков указаны в их обозначениях. Например, скорость удаления Земли обозначена как $v_0 \times 10$, что означает десятикратное значение на вертикальной оси. В начальный момент времени $t = 0$ скорость удаления Земли равна на вертикальной оси $\sim 2,1$ от скорости света, но согласно масштабному множителю действительная скорость равна 0,21 от скорости света. Это же относится и к графикам параметров Хаббла. Для стандартного характера расширения Вселенной с параметром Хаббла H_0 на рисунке он имеет значение на общей шкале ~ 7 , следовательно, реальное его значение равно $\sim 0,07$ или, точнее, $H_0 = 1/t_{14} \sim 0,0714$, где t_{14} – это приблизительное значение возраста Вселенной – 13,7 млрд. лет. Из этого видно, что параметр Хаббла в наших обозначениях измеряется в $(\text{млрд. лет})^{-1}$. Характер движения Земли в системе отсчёта Звезды в рассматриваемом случае определяется уравнениями:

$$r = r_0 e^{H_0 t} = 3e^{H_0 t}$$

$$v = r_0 H_0 e^{H_0 t} = 3H_0 e^{H_0 t}$$

Очевидно, что удаление от любой другой звезды также определяется этими уравнениями, но с соответствующими значениями начального расстояния r_0 между объектами. Если, например, начальное удаление $r_0 = 6$, то рисунок будет точно таким же, лишь следует удвоить все обозначения на вертикальной оси и масштабный множитель 100.



img40-14-01 x300n2000 Ускорение171 время доступа Hасс=12

На этом же рисунке изображены также и графики движения в режиме ускоренного расширения Вселенной: $r_{асс}$ и $v_{асс}$. Тонкими штриховыми линиями изображены графики изменения во времени параметров Хаббла: $H_0 = \text{const}$ и возрастающая $H_{асс}$. Характер возрастания $H_{асс}$ выбран произвольно-условным. Для максимального отражения различий двух режимов движения минимальным значением $H_{асс}$ взято значение, близкое к нулю.

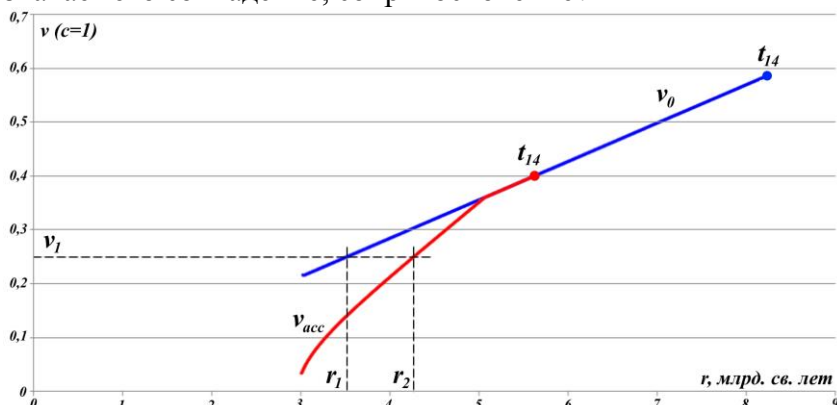
Максимальное значение H_{acc} выбрано из очевидных соображений. Если Вселенная расширяется ускоренно, то его предельное, конечное значение должно быть равно наблюдаемому ныне. Иначе говоря, сегодня мы наблюдаем некоторое значение параметра Хаббла H_0 , до которого за время существования возросло его предыдущее значение.

Более того, мы сделали ещё одно допущение, одну условность. Мы приняли, что нынешнее значение этот возрастающий параметр принял не сегодня, не в наши дни, а немного раньше, примерно 1,5 млрд. лет назад. Такая протяжённость стабилизации параметра Хаббла выбрана для того, чтобы лучше его визуализировать, это достаточно длинный отрезок лучше просматривается на графиках.

На представленных графиках мы наблюдаем достаточно очевидную картину. При ускоренном расширении Вселенной параметр Хаббла на всём протяжении всегда меньше своего предельного, максимального значения в конце периода. Следовательно, расстояние между объектами при ускоренном расширении в один и тот же момент времени всегда меньше расстояния при движении с параметром Хаббла H_0 . Менее очевидно, что при этом скорость удаления объектов друг от друга также всегда меньше скорости удаления при расширении с параметром H_0 . Не очень отчётливо, но всё-таки заметно, что возрастание скорости при H_{acc} всё-таки больше, чем при $H_0 = const$. Собственно говоря, это и означает ускорение. И только после завершения 1,5 млрд. лет назад возрастания H_{acc} можно и на графике увидеть, что это ускорение уменьшилось.

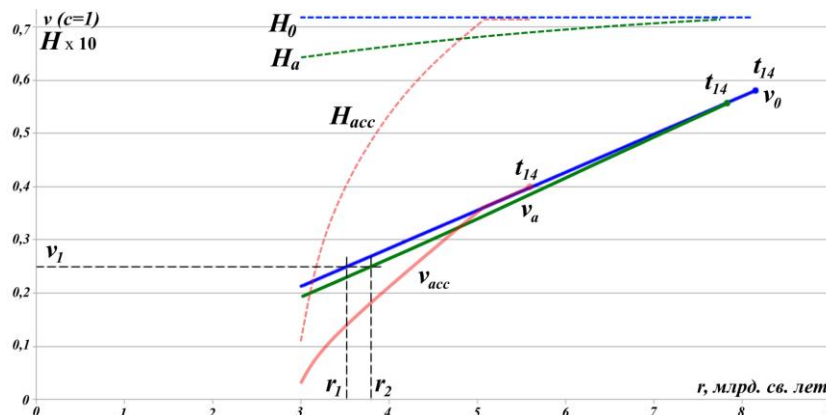
Имея табличные данные для зависимостей от времени дистанций и скоростей, мы можем параметрически построить и зависимости скоростей от дистанций, то есть, построить традиционные диаграммы Хаббла для двух режимов расширения Вселенной. Построим обе диаграммы на одном рисунке *img45-03*. Сразу же обнаруживаем известное основание для вывода об ускоренном расширении Вселенной. Действительно, проведём горизонтальную линию для некоторой скорости v_1 (или соответствующего ей красного смещения) и определим, каким дистанциям она соответствует. При ускоренном расширении Вселенной (красная диаграмма Хаббла) дистанция r_2 оказывается больше, чем дистанция r_1 при стандартном расширении с параметром Хаббла H_0 . То есть, при одном и том же красном смещении ускоренно удаляющаяся галактика оказывается на большем удалении, то есть, видна менее яркой, о чём и заявили исследователи. Несомненно, это довольно веский довод.

Однако настораживает одно странное обстоятельство: диаграмм ускоренного расширения как-то странно легла на стандартную диаграмму Хаббла. Что бы это значило? Получается, что в конце эпохи при ускоренном расширении движение звезды полностью совпало со стандартной диаграммой. Обратим внимание на точки, обозначенные символами t_{14} . Буквально это означает, что указанная скорость соответствует нашим дням, то есть 13,7 млрд. лет от начала расширения Вселенной. Конечно, можно возразить, что мы же сами и установили значение H_{acc} в последний период равным стандартному значению H_0 . Да, это так и основания для этого мы указали. Более того, мы могли и не устанавливать этот интервал длиной в 1,5 млрд. лет, сократив его, например, до одного года. В этом случае ускоренная диаграмма просто коснулась бы своим краем стандартной диаграммы, следовательно, вопрос по-прежнему остался бы: что означает это совпадение, соприкосновение?



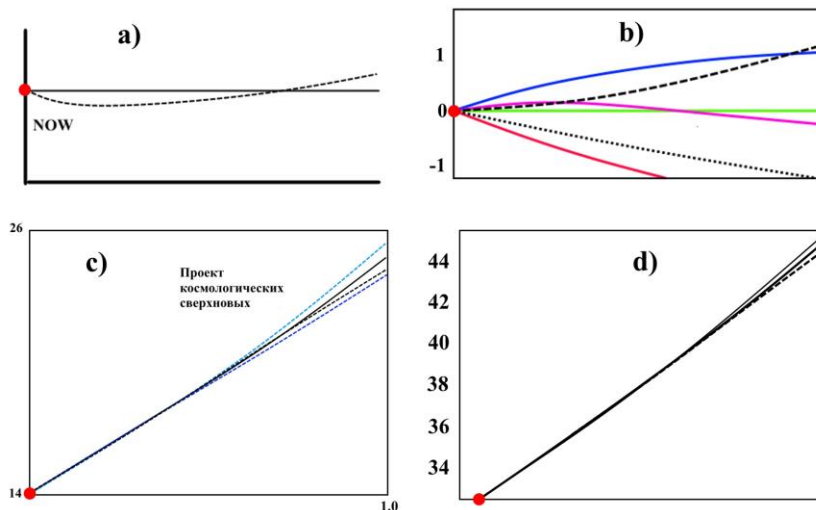
img45-03 x300n2000 Ускорение171 время доступа Прост - длинное_xlsx.jpg

На приведённом рисунке мы использовали максимально возможное возрастание параметра Хаббла, почти от нуля до нынешнего H_0 . При таком росте диаграмма Хаббла выглядит неестественно, с большим отклонением графиков друг от друга. В реальности получены графики, практически сливающиеся, отклонение ускоренной диаграммы от стандартной очень незначительное. Поэтому приведём ещё один вариант нашей сравнительной диаграммы, на которой изменение ускоренного параметра Хаббла происходит в меньших пределах:



img45-07 x300n2000 Ускорение199 время доступа Прост - длинее_xlsx - цвета.jpg

На рисунке приведены три графика, диаграммы Хаббла: для стандартного значения параметра H_0 (синяя линия), рассмотренного выше параметра H_{acc} (бледная красная линия) и его варианта с меньшим диапазоном изменения – H_a (зелёная линия). Каждая из диаграмм имеет также собственный график изменения параметра Хаббла в зависимости от расстояния. Как и выше, конечная точка диаграммы H_a также лежит на стандартной диаграмме H_0 и время этой точки также равно t_{14} . Для сравнения приведены и соответствующие диаграммам графики параметров Хаббла, как зависимости от удалённости. График параметра H_0 немного смещён вверх относительно правильного положения, чтобы были видны точки совмещения с ним других двух других графиков. В таком варианте диаграмма со слабо возрастающим параметром Хаббла H_a идейно совпадает с традиционными, рис. img50-03:

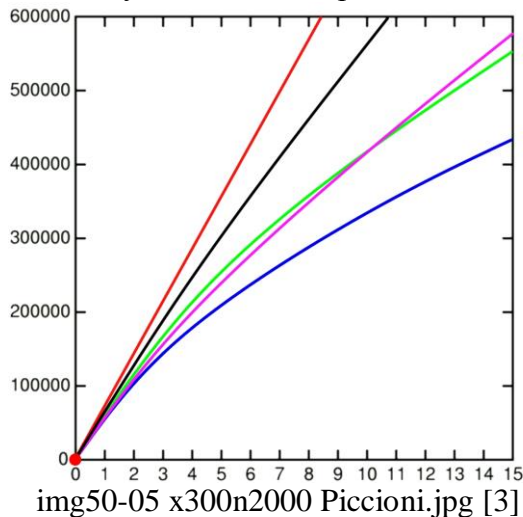


img50-03 x300n2000 Piccioni.jpg. a) [2]; b) [4]; c) [7]; d) [9]

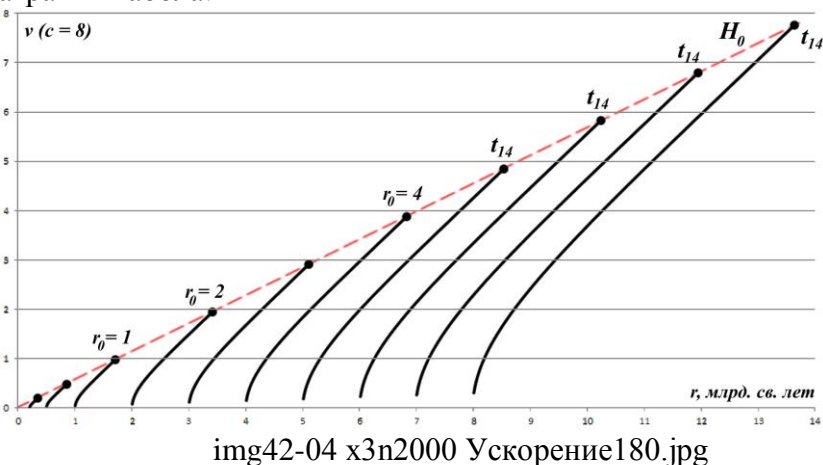
На схематичных диаграммах рис. img50-03, являющихся фрагментами исходных диаграмм, момент наблюдений выделен красной точкой. На рисунке img50-03a в этот момент, в момент наблюдений, в момент времени 0, в наши дни стандартная диаграмма сходится в одной точке NOW с диаграммой расширения Вселенной, считающимся ускоренным. Такая же картина изображена и на рисунке img50-03b, на котором также в текущий момент времени, в наши дни все диаграммы сходятся в одной точке. Наконец, в диаграммах нобелевских лекций

[7; 9] также все варианты графиков Хаббла также показаны сходящимися в одной точке – точке наблюдения в наши дни – *img50-03c,d*.

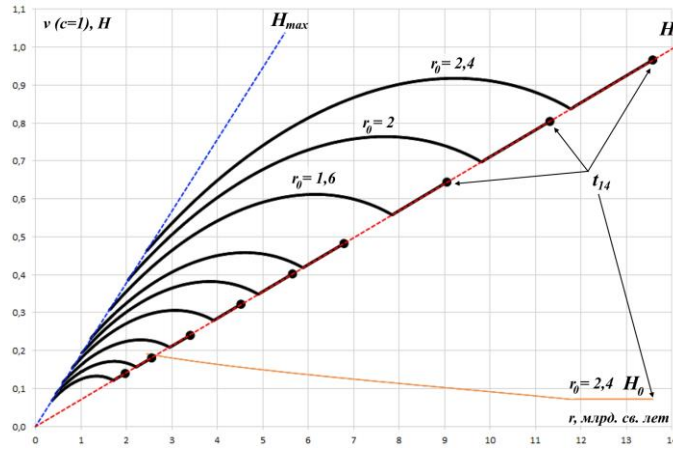
Отметим, что приведённые на рис. *img50-03* диаграммы имеют вид, несколько отличающийся от стандартной, исходной диаграммы Хаббла. На них вертикальная ось – это ось яркости, тождественная удалённости наблюдаемых сверхновых. На горизонтальной оси отложены красные смещения, тождественные скорости удаления сверхновых. На исходных диаграммах Хаббла эти оси расположены инверсно. В этом отношении с исходными диаграммами Хаббла совпадает следующая, также представлена схематичным фрагментом:



На нашем рисунке *img45-07* параметры v_{14} , r_{14} ускоренно движущейся галактики и галактики, движущейся со стандартным значением Хаббла, в наши дни t_{14} оказались на одной линии, на стандартной диаграмме Хаббла, поэтому у нас нет оснований для вывода о меньшей яркости ускоренно движущейся галактики. Наша диаграмма для ускоренно движущейся сверхновой в точности соответствует стандартной диаграмме Хаббла. Однако возникает естественный вопрос: этот вывод соответствует только ускоренному движению или он справедлив, например, и для замедленного? Или, может быть, он соответствует только *выбранной* нами начальной дистанции между объектами? Последнее обстоятельство мы можем проверить сразу же. Построим группу диаграмм Хаббла для ускоренного расширения Вселенной для сверхновых, находившихся в начальный момент на *разных* удалённости от Земли. Выберем дистанции в интервале от 0,1 до 8 млрд. световых лет. Получаем следующий набор частных диаграмм Хаббла:

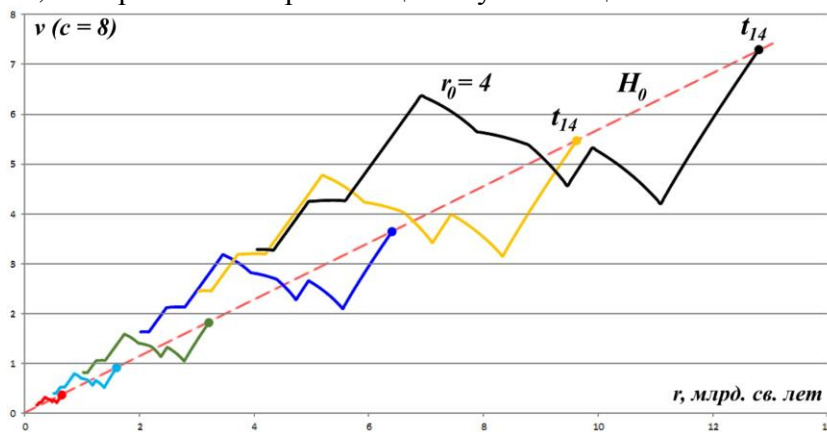


Мы видим сохранение той же тенденции: все сверхновые из приведённого интервала, движущиеся с параметром Хаббла Насс, в последний момент, в наши дни движутся со стандартным параметром H_0 . Проверим, соответствует ли эта тенденция также и замедленному расширению Вселенной? Составим для них такую же группу диаграмм Хаббла:



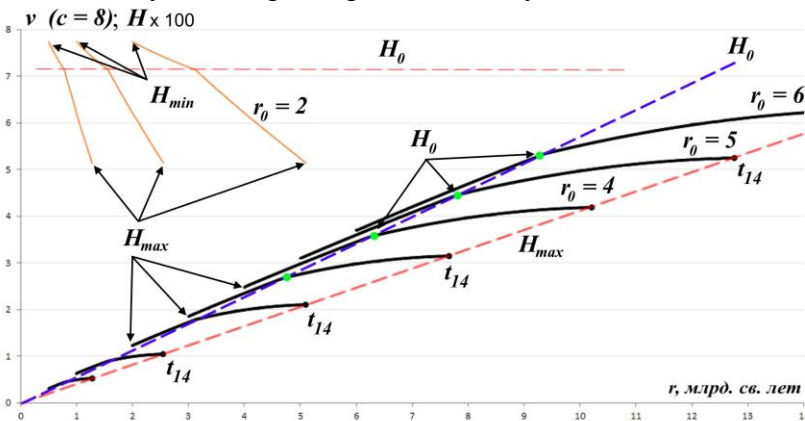
img42-07-01 Ускорение205 = 181_xlsx.jpg

Вполне ожидаемо, что и в этом случае в наши дни сверхновые движутся со стандартным значением параметра Хаббла H_0 , хотя ранее они определённо двигались замедленно. Следовательно, и в этом случае *исключается* вывод об отличии их яркости от яркости при стандартном движении. Более того, вывода о пониженной яркости мы не можем сделать вообще для любого закона изменения Насс, предшествующего моменту наблюдения. Возьмём в качестве примера следующий набор диаграмм с произвольно заданным замысловатым параметром Хаббла, попеременно возрастающим и убывающим:



img42-01-01 Ускорение178

Теперь уже не вызывает никакого удивления, что и в этом случае галактики движутся в наши дни со стандартным значением параметра Хаббла H_0 . Получается, что независимо от характера изменения параметра Хаббла в прошлом, ныне все ускоренно или замедленно движущиеся галактики движутся с параметром Хаббла, установившимся в конце движения.



img42-05-05 x3n2000 Ускорение186.jpg

На рисунке наблюдается такая же картина и в том случае, если замедляющийся параметр Хаббла после достижения современного значения H_0 продолжает уменьшаться и в наши дни становится меньше него. Уменьшающийся параметр Хаббла на рисунке показан оранжевой тонкой линией с изломом только для сверхновых, удалённых от Земли изначально на 0,5; 1 и 2 млрд. световых лет. Каждая из диаграмм имеет собственный график изменения параметра Хаббла в зависимости от расстояния. Точка излома – это его значение, равное H_0 , причём это значение достигается в далёком прошлом. В наши дни значение параметра равно H_{max} . Видно, что все современные, сегодняшние значения параметров v_{14} , r_{14} изображённых галактик в замедленно расширяющейся Вселенной в точности укладываются на одну линию – новую, замедленную диаграмму Хаббла.

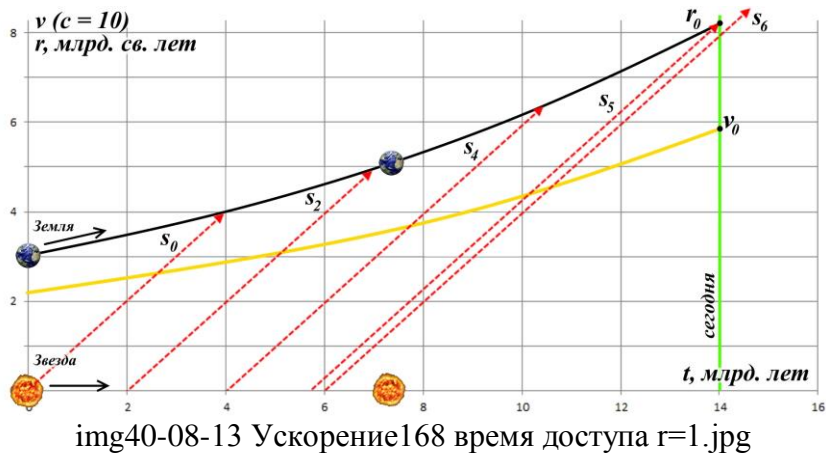
Возникает вполне обоснованный окончательный вывод, что любая пара v_{14} , r_{14} в наши дни, в момент измерения связана одним и тем же соотношением через H_0 : $v = rH_0$. То есть, все яркости в конечной точке, в наши дни должны лежать на графике Хаббла без каких-либо "тусклых" отклонений. И вновь может появиться возражение: на каком основании мы утверждаем, что при любых *предшествующих* законах изменения параметра Хаббла мы учитываем только его *последнее* значение? И почему это значение равно H_0 ?

К сформулированному выводу есть определённо веские основания. Может ли Вселенная расширяться *одновременно* с двумя разными значениями параметра Хаббла? Ведь астрономические наблюдения, обширные и достоверные показали вполне определённое, достаточно точное значение этого параметра. Никто не утверждает, что помимо H_0 существует ещё какой-то параметр H_1 . Бесспорно, такого быть не может.

Но ведь астрофизики и не утверждают иного, говоря, что они измерили параметр Хаббла в *прошлом*, а ныне он, действительно, равен H_0 . Однако, возможно ли это, измерение параметра Хаббла в прошлом? Фактически мы подвергаем сомнению распространённое мнение о расширенной трактовке астрономической "машины времени". Машина эта немного "буксует": раньше галактика была большой и яркой, а сегодня она маленькая и тусклая. Принято считать, что из-за конечности скорости света мы наблюдаем далёкие галактики в прошлом. Отчасти это верно, как верно и то, что старые фотографии в фотоальбоме – это снимки из прошлого. Но зададимся таким вопросом. На каком удалении от нас *сегодня* находится некая сверхновая? Подчеркнём: не в момент взрыва, а именно *сегодня*, когда свет от этого взрыва, вспышки, наконец, дошёл до нас. И ответ, вероятно, покажется довольно странным. Именно *сегодня*, а не много лет назад, галактика находится от нас на строго определённом, известном нам расстоянии. При этом мы без дополнительных специальных вычислений сразу и не сможем сказать, а на каком расстоянии она находилась в момент взрыва? Получается, что мы получили "фотографию" галактики в момент её взрыва в далёком прошлом, но расстояние до неё мы знаем нынешнее, сегодняшнее.

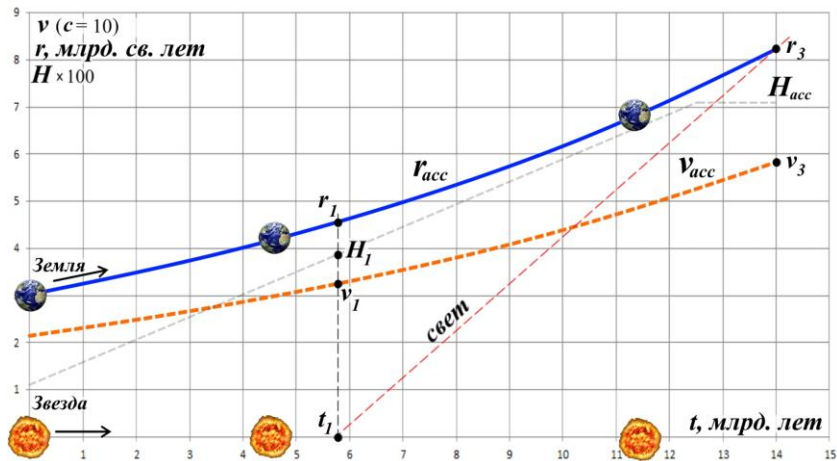
Собственно говоря, это достаточно просто объяснить. Свет от галактики, двигаясь к нам, ослабевает обратно пропорционально удалённости. Но мы рассмотрим процесс инверсно: это не галактика удаляется от нас, а мы от галактики. Когда свет достигает нас, он ослабевает ровно настолько, насколько мы удалились. Получается, что мы точно знаем, на каком удалении от сверхновых мы находимся именно *сегодня* и никакая астрономическая "машина времени" нам для вычислений не нужна. Отсюда следует, что заявления о наблюдении параметра Хаббла в *прошлом* выглядят несколько подозрительно, ведь одна из величин для его вычисления явно сегодняшняя. Тем не менее, рассмотрим и вторую – красное смещение или скорость удаления.

По сути эти две величины – скорость и смещение – можно рассматривать как тождественные, поскольку связаны они однозначным математическим соотношением. Поэтому рассмотрим именно скорость удаления. Зададим вопрос, который может показаться нелепым: с какими скоростями в некоторый момент времени Земля удаляется от галактики, а галактика удаляется от Земли? Ответ очевиден: это одна и та же скорость. Мы имеем полное право сказать, что если *сегодня* Земля удаляется от галактики со скоростью v , то и галактика *сегодня* удаляется от нас с этой же скоростью v . Подчеркнём это ещё раз: скорость удаления Земли от галактики мы измерили *сегодня, сегодня*, а не много лет назад. И это та же самая скорость, с которой галактика *сегодня* удаляется от нас. Именно *сегодня*, а не много лет назад.



На рисунке показано, что световая информация $s_0 - s_5$ о состоянии звезды в моменты времени 0, 2, 4 и ~ 6 млрд. лет от начала расширения Вселенной достигают Земли, соответственно, в моменты времени 4, 7, ~ 10 , 14 (сегодня) млрд. лет. При этом, как видно на рисунке, свет s_6 , испущенный в момент 6 млрд. лет, в наши дни до Земли ещё не дошёл.

Посмотрим на график изменения скорости удаления на следующем рисунке `img40-17-03`. Как мы отметили, одним из оснований для "взгляда в прошлое" является конечность скорости света. То есть, о прошлом удаляющегося от нас события мы узнаём с задержкой во времени. Если взрыв сверхновой произошёл в момент времени t_1 , то скорость разбегания галактики и Земли была равна v_1 .



`img40-17-04 x300n2000 КРАТКО Ускорение171 время доступа Hacc=12.jpg`

Информация об этом событии, свет от него достигнет Земли именно в наши дни, *не раньше*, на удалении r_3 . И возникает довольно интересное соотношение. В момент взрыва, в далёком прошлом параметр Хаббла для ускоренного движения вычисляется однозначно и он точно меньше H_0 .

$$H_{acc}(t_1) = \frac{v_{acc}}{r_{acc}} = H_1 = \frac{v_1}{r_1} < H_0$$

В момент, когда свет для астрономических наблюдений достигнет Земли, эти две величины определённно возрастут. Это однозначно следует из графиков $v(t)$ и $r(t)$ – они возрастающие. Иначе говоря, новые величины r и v , измеренные в *наши дни*, определённно отличаются от них же в прошлом. То, что мы *измерили* сегодня, отличается от того, какими эти величины *были* в прошлом:

$$H_{acc}(t_{14}) = \frac{v_3}{r_3} \equiv H_0$$

Очередное возражение нашим выводам можно сформулировать так: в момент излучения свет отделяется от галактики и далее от неё уже никак не зависит. Причём галактика продолжает удаляться, а свет – приближается к Земле. И вновь можно привести веский контр

аргумент. Пока свет достигает Земли, длина его волны по-прежнему удлиняется в соответствии с "местным" масштабным фактором. Да, свет больше не зависит от излучившей его звезды, но он движется к приёмнику, удаляющемуся от него с возрастающей скоростью. Следовательно, на всём протяжении пути до Земли красное смещение этого светового потока также непрерывно возрастает.

Таким образом, получается, что и красное смещение света от сверхновой в момент взрыва отличается от красного смещения в момент измерения на Земле. Согласно всеобщему и бесспорному характеру расширения Вселенной все объекты удаляются друг от друга в любой точке Вселенной *одинаково*. Иначе говоря, *сегодняшний* параметр Хаббла H_0 в области Земли верен для *любой* точки Вселенной.

Ещё раз подчеркнём это важное обстоятельство: *сегодня*. Вся поступившая к нам световая информация, все наши космологические наблюдения показывают нам *сегодняшнее* состояние параметров движения. Почему мы это настойчиво повторяем? Всё очень просто: если от некой сверхновой мы получили параметры r и v , то это её *сегодняшние* параметры. И если они показывают, что эти параметры означают меньшее, чем H_0 значение параметра Хаббла, то это означает, что *сегодня*, именно *сегодня*, а не в прошлом далёкие сверхновые удаляются медленнее, чем H_0 .

Буквально это можно трактовать следующим образом. После Большого Взрыва и инфляции Вселенная начала непрерывно расширяться и расширяется вплоть до наших дней. Если бы расширение было монотонным, с неизменным значением параметра Хаббла, то в наши дни некая дальняя сверхновая удалась бы на расстояние r_1 , которое мы можем определить по её яркости при взрыве. И эта яркость соответствовала бы точке на стандартной диаграмме Хаббла. Однако космологи пришли к выводу, что яркость меньше стандартной. Это определённо означает, что сверхновая при вспышке находилась *дальше*. Иначе говоря, за 14 млрд. лет расширения Вселенной эта сверхновая преодолела больший путь, чем должна была преодолеть с известным ныне значением параметра Хаббла H_0 . Возникает классический вопрос в духе пословицы "тише едешь – дальше будешь". Можно ли уехать дальше, за одно и то же время, двигаясь медленнее? Вряд ли кто согласится с тем, что за одно и то же время медленный велосипедист уехал дальше мотоциклиста.

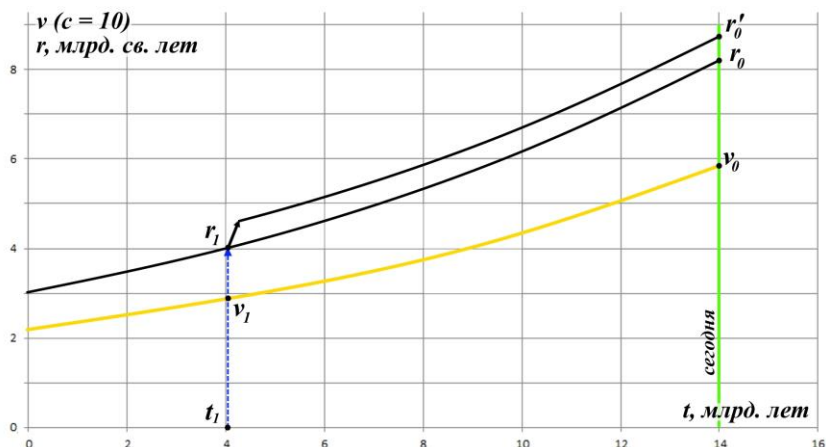
Вселенная и все галактики, звёзды, сверхновые одинаково разбегались друг от друга все 14 млрд. лет. Весьма странно утверждать, что медленно удалявшаяся сверхновая проделала больший путь, чем удалявшаяся с большей скоростью. Но тогда получается, что их меньшая яркость означает не ускоренное, а *замедленное* расширение Вселенной. Правда у этой ускоренной картины есть довольно разумное обоснование: сверхновая считается более далёкой не по сравнению со стандартным темпом расширения H_0 , а по сравнению с другими сверхновыми, имеющими точно *такое же* значение скорости, красного смещения.

Хотя такой аргумент можно назвать довольно завуалированным, его отклонение всё-таки следует признать неприемлемым. Однако, с другой стороны, с его признанием получается, что Вселенная *одновременно* расширяется с двумя разными параметрами Хаббла. Это определённо противоречие. Следовательно, меньшая яркость дальних сверхновых не может иметь *космологического* происхождения, не может быть следствием того или иного характера расширения пространства Вселенной в прошлом. При этом само по себе возрастание или убывание со временем параметра Хаббла к противоречиям не приводит. К противоречию ведёт связывание его изменения с изменением, смещением хаббловских координат v_{14} , r_{14} , их отклонением от стандартной, линейной диаграммы Хаббла.

Глава 3.2

Пониженная яркость отдалённых сверхновых считается достаточно строго установленным наблюдательным фактом. Если эта пониженная яркость не может быть выведена из вариации параметра Хаббла со временем, то каково может быть её иное обоснование? Поскольку в наши дни отношение скорости к дистанции наблюдаемой тусклой сверхновой меньше H_0 , то это может произойти в двух случаях: уменьшения скорости или увеличения удалённости. Последнее графически можно изобразить как подъём участка

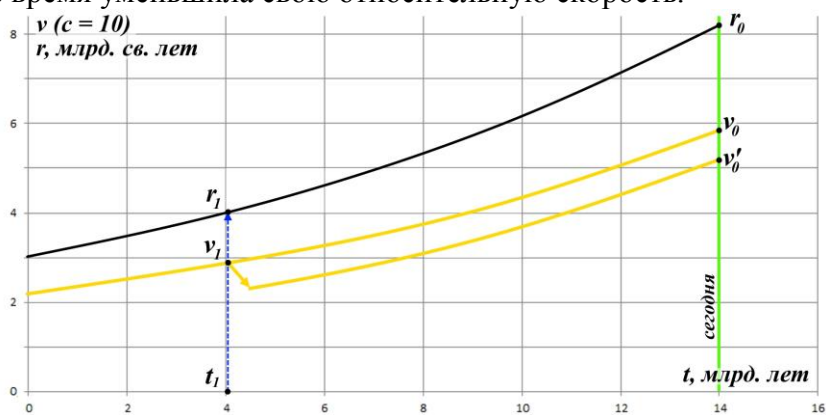
графика над стандартным. С одной стороны это буквально означает, что Земля (наша галактика) странным образом вдруг отдалилась от наблюдаемой сверхновой, причём быстро, будто телепортировалась. Или наоборот: сверхновая перед взрывом или в момент него резко удалилась от Земли.



img40-08-08-01 x3n2000 Ускорение168 - Спад Ro.jpg

Однако такие объяснения неприемлемы. Если "скачок" совершила Земля, то она явно не могла отдалиться от всех окружающих её сверхновых. Если она сместилась вправо, то удалилась от звёзд слева, но при этом приблизилась к звёздам, находящимся справа. То же самое относится и к варианту "скачка" звезды. Она также не может одинаково удалиться от всех окружающих её объектов. Кроме того, таких сверхновых несколько десятков, и представить, что все они резко изменили своё положение в пространстве, невозможно.

Второй вариант с одномоментным изменением скорости означает, что либо звезда, либо Земля за короткое время уменьшила свою относительную скорость.



img40-08-09-01 x3n2000 Ускорение168 - Спад Vo.jpg

Такое объяснение также неприемлемо. Поскольку считается, что объекты во Вселенной неподвижны, а их движение – это эффект расширения пространства между ними, то такое изменение относительной скорости означает реальное, пекулярное движение объектов. И вновь возникает противоречие: звезда (или Земля) не может одинаково уменьшить свою скорость по отношению ко всем окружающим её объектам. Тем не менее, такую возможность следует рассмотреть аналитически. Воспользуемся базовым уравнением Хаббла:

$$v = rH_0$$

Для некоторой сверхновой на момент наблюдения, сегодня, спустя 14 млрд. лет от начала расширения уравнение для наблюдаемой скорости v_{14} и удалённости r_{14} можно записать в инверсном виде

$$\frac{v_{14}}{r_{14}} = H_0$$

Поскольку связь эта на самом деле показывает иное значение параметра Хаббла, предполагаем, что сверхновая имеет помимо космологических параметров и пекулярные.

есть, параметр Хаббла в уравнении возникает, только если учесть дополнительный, пекулярный вклад в скорость и дистанцию до сверхновой. Иначе говоря, параметр Хаббла H_{SN} для такой сверхновой будет определяться отношением космологической скорости плюс пекулярная скорость v_p к космологическому удалению сверхновой плюс её пекулярная прибавка за всё время расширения Вселенной, то есть, за время движения t_{14} с этой скоростью:

$$H_{SN} = \frac{v_{14} + v_p}{r_{14} + v_p t_{14}}$$

Элементарные преобразования показывают, что этот параметр оказывается в точности равным стандартному:

$$H_{SN} = \frac{v_{14} + v_p}{r_{14} H_0 + v_p} \times H_0 = \frac{v_{14} + v_p}{v_{14} + v_p} \times H_0 \equiv H_0$$

Здесь мы учли, что возраст Вселенной t_{14} равен обратной величине параметра Хаббла H_0 . Полученный результат вновь показал, что даже с учётом пекулярного движения сверхновой измерения её хаббловских координат – яркости и красного смещения – не дают информации о величине параметра Хаббла на момент взрыва. Это не совсем очевидно, но вклад пекулярной скорости таков, что и дистанция и скорость удаления изменяются пропорционально, приводя их отношение к величине H_0 на момент измерения в наши дни.

Однако всё-таки существует ещё одна реальная ситуация, при которой сегодняшние наблюдения способны дать отношение хаббловских координат, отличающееся от стандартного значения параметра Хаббла. Как известно, пространство испытывает расширение только вне гравитационно связанных областей. Если группа галактик образует такую область, то расстояние между ними не меняется в процессе космологического расширения Вселенной. Что, если сверхновая находится в такой области? Если сверхновая находится в вытянутой гравитационно-связанной области в её дальней от Земли стороне, тогда скорость её совпадает со скоростью области, а удалённость отличается от хаббловской в большую сторону. Иначе говоря, скорость области, скопления определяется, очевидно, по её центру масс. Но удалённости ближней и дальней её границ – отличаются от хаббловских:

$$v_{SN} = (r_{SN} - \Delta r_{SN}) H_0$$

Это новая форма закона Хаббла, показывающая, что один из элементов космологически удаляющейся области, сверхновая находится на большем удалении от её центра, на удалении Δr_{SN} . Поскольку область гравитационно связана, то её скорость одинакова для всех её элементов и равна скорости v_{SN} наблюдаемой сверхновой. Действительное же, хаббловское удаление, входящее в его уравнение равно разности между видимой удалённостью сверхновой r_{SN} от наблюдателей на Земле и её удалённостью от центра области. Произведём тривиальные алгебраические преобразования этого уравнения:

$$\frac{r_{SN} - \Delta r_{SN}}{v_{SN}} = \frac{1}{H_0}$$

В полученном соотношении видим две *наблюдаемые* хаббловские величины r_{SN} и v_{SN} , на основании которых космологи сделали вывод о том, что ранее Вселенная расширялась медленнее. Обозначим их отношение через параметр Хаббла для сверхновой:

$$\frac{1}{H_{SN}} - \frac{\Delta r_{SN}}{v_{SN}} = \frac{1}{H_0}$$

Находим из этого уравнения значение этого параметра Хаббла:

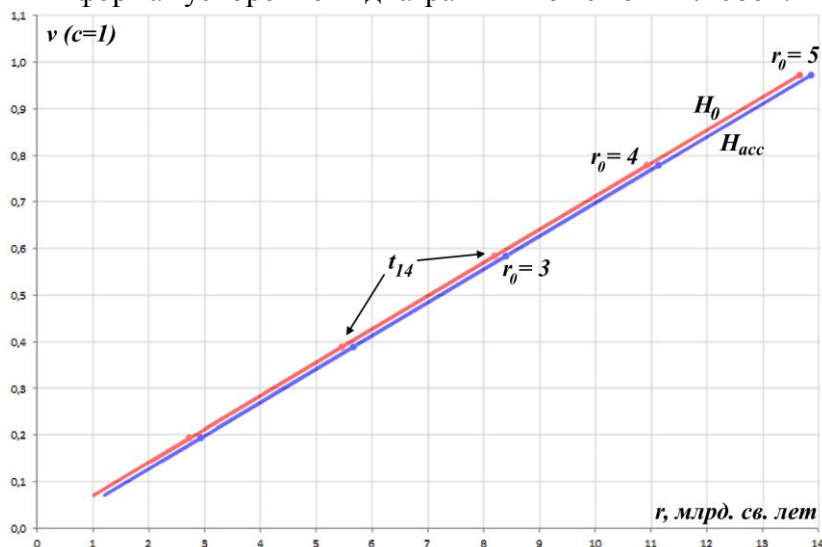
$$H_{SN} = \frac{H_0}{1 + H_0 \Delta r_{SN} / v_{SN}}$$

Каким бы ни было положительное значение второго слагаемого в знаменателе, величина этого знаменателя в нашей системе единиц по определению больше единицы и, следовательно, параметр Хаббла для наблюдаемой сверхновой также меньше стандартного:

$$H_{SN} < H_0$$

Это неравенство и принято трактовать как ускоренное расширение Вселенной. Однако в наших вычислениях мы явно указали, что в рассматриваемом случае Вселенная расширяется равномерно с известным ныне параметром Хаббла H_0 . Следовательно, измеренное меньшее его значение связано не с космологическим расширением Вселенной, а с простым искажением для наблюдателя удалённости сверхновой вследствие её вхождения в гравитационно связанную область, в более удалённую от Земли часть этой области. Мы измеряем фактически скорость удаления этой области, её центра масс, а удалённость определяем по дальней границе области, то есть, получаем её *завышенное* значение.

На следующем рисунке видим, что при таких уравнениях движения сверхновой диаграмма Хаббла имеет вид, напоминающий вид . Представленная на рисунке диаграмма синего цвета для рассмотренных гравитационно связанных областей явно соответствует пониженной яркости вспыхнувших в них сверхновых и, соответственно, меньшему значению параметра Хаббла для них. Заметим, что на самом деле на диаграмме представлена Вселенная, расширяющаяся без ускорения. Красным цветом обозначена диаграмма Хаббла, соответствующая стандартным параметрам сверхновых: их координаты соответствуют той же точке пространства, для которой определено и красное смещение. Каждая точка на диаграммах – это координаты Хаббла в наши дни, t_{14} , для сверхновых, находившихся в начальный момент на удалённостях от Земли 1, 2, 3, 4 и 5 млрд. световых лет. Диаграмма синего цвета, которая выглядит как диаграмма для ускоренного расширения Вселенной соответствует тем же сверхновым, если бы они находились в гравитационно связанных областях, на одинаковом удалении от центра их масс, равном 0,2 млрд. световых лет (расстояния между точками по горизонтали). При таком равенстве две диаграммы Хаббла параллельны друг другу. В реальности эти удалённости от центров для разных сверхновых могут быть разными и форма "ускоренной" диаграммы может быть любой.



img49-03 x3n2000 Ускорение207 Vpecular_xlsx Но.jpg

Хотя это довольно разумные аргументы, они имеют те же плохие основания. Получается, что целая группа гравитационно связанных областей на вполне определённых удалённостях имеет весьма взаимосвязанные значения координат размещённых в них сверхновых, которые "дружно" расположились в их дальних от Земли областях. Причём в разных направлениях относительно Земли, поскольку очевидно, что все они находятся не на одной линии зрения. Это для наблюдателей на Земле. Наблюдатели же, что находятся далее, за пределами этих областей видят эти удалённости сверхновых от центров областей с обратным знаком и, соответственно, завышенное значение параметра Хаббла для них. То есть, для них Вселенная определённо расширяется с замедлением.

Глава 3.3

Таким образом, скачкообразное или пекулярное изменение состояния движения объектов – Земли или наблюдаемых сверхновых не позволяет использовать пониженную яркость последних для выводов об ускоренном расширении Вселенной, оставаясь на позициях космологического расширения пространства.

Также довольно слабым аргументом следует признать и попытку объяснить результаты наблюдений тем, что состояние Вселенной в прошлом было иным, таким, что яркость дальних стандартных свеч, сверхновых Ia была меньше, чем у более близких к нам.

Пожалуй, наиболее приемлемым объяснением, помимо гравитационной связанности, может быть ошибка в измерениях яркости сверхновых или их скоростей. Хотя это тоже недостаточно убедительное, но, всё-таки, наиболее вероятное, наименее противоречивое объяснение наблюдения пониженной яркости дальних сверхновых. В его пользу говорят, в частности, другие наблюдения за сверхновыми:

"... группа ученых под руководством профессора Субира Саркана из отделения физики Оксфордского университета выразила сомнение в этой стандартной космологической концепции. Используя значительно расширенный набор данных — каталог из 740 сверхновых типа Ia, более чем в 10 раз превышающий по размерам оригинальную выборку — ученые выяснили, что сведения о расширении могут быть менее точными, чем считалось раньше. Данные соответствуют постоянному темпу расширения" [10].

Эти данные соответствуют также и нашим выводам о невозможности наблюдения параметров Хаббла в прошлом. Следует отметить, что приведённая цитата взята из открытых публикаций в интернете. К сожалению, уверенно найти первоисточник не удалось. По отдельным маркерам обнаружены неточности. Сказано, что исследование опубликовано в *Scientific Reports*. Однако у цитируемого автора в этом журнале нашлась только одна статья [1], которая не содержит ни цитируемого текста, ни фактов, в нём изложенных:

"... мы находим довольно неожиданно, что данные все еще вполне согласуются с постоянной скоростью расширения" [1].

С другой стороны, аргументы, приведённые в цитате, также опираются на *наблюдение*, определение параметров Хаббла в прошлом, что, как мы пришли к выводу, в принципе невозможно. Авторы ставят эти выводы под сомнение, считая их недостаточно точными. Однако на этих же основаниях под сомнение можно поставить и вывод о постоянном темпе расширения. Есть и более резонные основания считать расширение Вселенной замедленным, хотя автор следующего заключения эти основания сам же и отвергает:

"... в журнале *Physical Review Letters*, описывается метод прямого измерения ускоренного расширения Вселенной ... Радионаблюдения в течение 13 лет ... дало следующий результат для ускорения: $-5,5 \pm 2,2$ (м/с)/год ... Знак минус означает не ускорение, а замедление, что на первый взгляд противоречит ускоряющемуся расширению, однако из-за большой погрешности никаких окончательных выводов тут делать не следует" [6].

По поводу больших погрешностей и окончательных выводов следует заметить, что это в равной мере относится и к выводам об ускоренном расширении:

"Всё еще нет уверенного знания, насколько стандартным является тип SN Ia" [5].

Отметим, что это прямо означает сомнение цитируемого автора в достоверности данных наблюдений, их точности, которое также согласуется с нашими рассуждениями.

Выводы

Аналитический анализ стандартной модели космологического расширения Вселенной показывает, что нет никакой возможности определить значение параметра Хаббла в прошлом. Любые космологические измерения показывают его значение только в наши дни, на момент измерения.

На величину параметра Хаббла в наши дни не влияет предыстория расширения Вселенной. Каким бы ни было это расширение в прошлом – ускоренное, замедленное или переменное – современные измерения показывают нынешнее значение параметра Хаббла.

Варианты с телепортацией, мгновенным изменением положения сверхновой в пространстве или скачкообразное изменение её скорости являются нефизическими и, кроме того, не относятся к *космологическому* расширению.

Единственным приемлемым объяснением наблюдения пониженной яркости дальних сверхновых может быть *ошибочность* трактовки данных измерений, по сути, их недостоверность.

Литература

1. Nielsen J.T., Guffanti A., Sarkar S., Marginal evidence for cosmic acceleration from Type Ia supernovae, *Scientific Reports* **6**, 1–8, 2016. URL: <https://www.nature.com/articles/srep35596>
2. Piccioni R., Nobel Prize for Accelerating Universe, URL: <https://guidetothecosmos.com/newsletter-Accel-Universe.html>
3. Wright N. (Райт Н.), Измерение кривизны Вселенной путем измерения кривизны диаграммы Хаббла, URL: http://cosmologiya.narod.ru/sne_cosmology.html
4. Wright N., Distant Supernovae and the Accelerating Universe, <https://arxiv.org/pdf/astro-ph/0201196.pdf>
5. Верходанов О., Есть ли проблемы с согласованием скорости расширения Вселенной? "Троицкий вариант – Наука", №11(280), 2019
6. Иванов И., Ускоряющееся расширение Вселенной станет доступно прямому измерению в ближайшее десятилетие. https://elementy.ru/novosti_nauki/432302, 14.08.2014
Источник: Hao-Ran Yu, Tong-Jie Zhang, and Ue-Li Pen. [Method for Direct Measurement of Cosmic Acceleration by 21-cm Absorption Systems](#) // *Physical Review Letters* 113, 041303 (2014)
7. Перлмуттер С., "Измерение ускорения космического расширения по сверхновым", УФН **183** 1060–1077 (2013), URL: <https://ufn.ru/ru/articles/2013/10/e/>
8. Происхождение Вселенной – гипотеза о веществолизации материи, 2012, URL: <http://econf.rae.ru/article/6694>
http://samlib.ru/editors/p/putenihin_p_w/universe.shtml
9. Рисс А. Дж. 2, Мой путь к ускоряющейся Вселенной, УФН **183**, №10, 1090–1098 (2013)
10. Хель И., Ученые усомнились в ускорении расширения Вселенной, URL: <https://subscribe.ru/group/klub-lyubitelej-kosmosa/12770620/>
https://pikabu.ru/story/uchenyie_usomnilis_v_uskorenii_rasshireniya_vselennoy_4572811