

Квантовый закон Хаббла $\nu_n = nH_0$

(Квантовый закон космологического красного смещения. "Старение света".)

Алеманов Сергей Борисович

Опубликовано в журнале "Инженерная физика" (№3, 2014)

<http://infiz.tgizd.ru/ru/arhiv/12494>

Опубликовано в "General Science Journal" (14.09.2013)

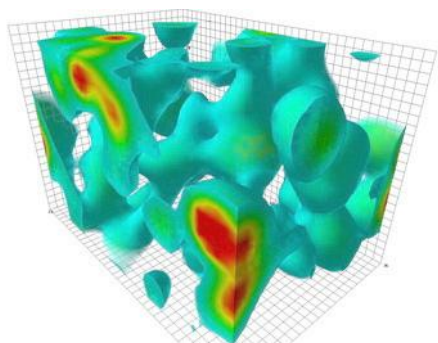
<http://gsjournal.net/Science-Journals-Papers/Author/1422/Sergey,%20Alemanov>

Доклады: МГУ (13.03.13, 18.10.13), ИОФ РАН (29.01.14), МАИ (29.04.15), РУДН (28.04.16).

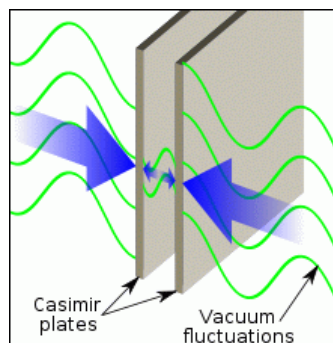
Постоянная Хаббла – это квантовая величина, на которую уменьшается частота фотона за один период колебания вне зависимости от длины волны.

Аннотация

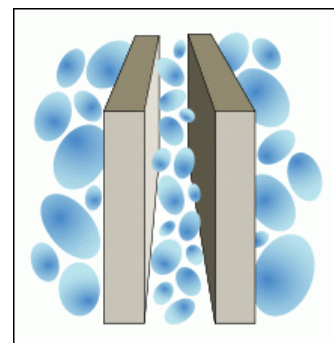
Наблюдение сверхновых звёзд типа Ia показало, что космологическое красное смещение не совпадает с вычислениями по эффекту Доплера (классический закон Хаббла), а подчиняется экспоненциальному закону затухающих колебаний, где постоянная Хаббла представляет показатель затухания электромагнитных колебаний. Тем самым был подтверждён квантовый закон Хаббла, согласно которому постоянная Хаббла - это квантовая величина, на которую уменьшается частота фотона за один период колебания вне зависимости от длины волны. Чтобы определить насколько уменьшилась частота фотона, надо постоянную Хаббла умножить на число совершённых колебаний $\nu_n = nH_0$. Со временем частота уменьшается по закону экспоненты, что полностью соответствует результатам, полученным современным методом "стандартных свеч" (Нобелевская премия за 2011 г). После представления закона Хаббла в квантовой форме стало возможно производить точный расчёт космологического красного смещения для любых расстояний - как для близких, так и для удаленных галактик.



Флуктуации вакуума.



Давление флуктуаций вакуума на параллельные пластины. Статический эффект Казимира.



Когда было обнаружено космологическое красное смещение, тогда ещё не знали, что в вакууме существуют флуктуации и, соответственно, распространение электромагнитных волн сопровождается потерями (диссипацией) энергии за счёт её перехода во внутреннюю энергию вакуума. Поэтому было выдвинуто единственное, как в то время казалось, верное объяснение - эффект Доплера. Но не все с этим были согласны и споры продолжались. Одни считали, что оно связано с эффектом Доплера, другие, в том числе и Эдвин Хаббл, что происходит "старение света" ("усталый свет"), так как в природе (в материальном мире) не существует идеалистических волн, распространение которых не сопровождалось бы диссипацией энергии.

«Эдвин Хаббл, открывший красное смещение, показал, что оно связано не с эффектом Доплера, а с эффектом нарастания длины волны света по мере его движения.»

<http://ritz-btr.narod.ru/privid.html>

«Хаббл на основании множества наблюдений убедительно показал, что красное смещение не может иметь доплеровскую природу, Вселенная не расширяется, и никакого Большого взрыва не было. Хаббл высказался на эту тему в 1927 году на заседании Американского астрономического общества. Он предложил искать красному смещению другую причину, назвав её условно "старением фотонов".» http://fenina.mysupermarket.org.ua/view_articl.php?id=3

Сегодня для объяснения космологического красного смещения нет необходимости в теории Большого взрыва - достаточно современной квантовой теории поля, где вакуум - это материальная среда, представляющая "море" виртуальных частиц, которые не только "трясут" электроны, движущиеся по орбитам - лэмбовский сдвиг, но и влияют на движение любых элементарных частиц. В современных учебниках физики сказано, что у фотонов при взаимодействии с виртуальными частицами теряется электромагнитная энергия и это приводит к красному смещению спектральных линий светящихся объектов.

«Физический вакуум - материальная среда. Его материальность проявляется во взаимодействии с электронами атомов водорода (Лэмбовский сдвиг). Физический механизм изменения частоты или длины волны света заключается в возбуждении колебаний виртуальных частиц. Следовательно, часть энергии фотонов расходуется на возбуждение космического вакуума, что и приводит к красному смещению спектральных линий светящихся объектов.»

Учебник по физике. http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/u_course/Lec/Part2/Glava6/6.16.htm

«Поляризация вакуума в квантовой электродинамике заключается в образовании виртуальных электронно-позитронных пар из вакуума под влиянием электромагнитного поля.»

http://ru.wikipedia.org/wiki/Поляризация_вакуума

Под влиянием поля происходит смещение виртуальных частиц - поляризация вакуума. Т.е. потеря энергии электромагнитных колебаний происходит из-за "раскачивания" заряженных виртуальных частиц.

Колебание волн - это преобразование одного вида энергии в другой и обратно, а любое преобразование энергии неизбежно сопровождается частичной потерей, происходит диссипация энергии волн, которая переходит во внутреннюю энергию среды, проявляющуюся в виде флуктуаций. Распространение волн в физическом вакууме не является исключением, так как, согласно квантовой физике, вакуум - это не пустота, в нем, как и в любой среде, происходят флуктуации, которые называют нулевыми колебаниями электромагнитного поля. Именно диссипация энергии электромагнитных волн и создаёт космологическое красное смещение, а не эффект Доплера от ускорения галактик сверхъестественной тёмной силой.

Величина красного смещения $z = (v_0 - v)/v$ определяется соотношением частот источника и приемника - v_0 и v . Т.е. по красному смещению можно определить насколько уменьшилась частота $vz = v_0 - v$

«Закон Хаббла - эмпирический закон, связывающий красное смещение галактик и расстояние до них линейным образом: $cz = H_0 r$, где z - красное смещение галактики, r - расстояние до неё, H_0 - коэффициент пропорциональности, называемый постоянной Хаббла, c - скорость света.»

http://ru.wikipedia.org/wiki/Закон_Хаббла

« $H_0 = 2.4 \cdot 10^{-18} \text{ с}^{-1}$ (Гц) »

http://ru.wikipedia.org/wiki/Постоянная_Хаббла

«Используя классический закон Хаббла $z = H_0 r/c$ для определения расстояний до галактик ...»

<http://www.astrogalaxy.ru/858.html>

По классическому закону Хаббла $z = H_0 r/c = H_0 t$, чтобы определить насколько уменьшилась частота фотона $vz = v_0 - v$, надо постоянную Хаббла умножить на время жизни фотона и частоту $vz = tvH_0$, но tv - это число колебаний $n = tv$. Отсюда, $vz = nH_0$, т.е. прямая зависимость от количества колебаний $v_n = nH_0$, получается, со временем частота уменьшается по закону экспоненты $v(t) = v_0 e^{-H_0 t}$. Рассмотрим всё это более подробно.

Закон Хаббла связан с красным смещением электромагнитных квантов, поэтому, в соответствии с квантовой физикой, он должен быть представлен не только в классической, но и в квантовой форме. Для этого в классическую формулу зависимости красного смещения от времени $z = H_0 r/c = H_0 t$ надо

подставить время одного периода колебания $T = 1/\nu$, где ν - частота фотона, H_0 - постоянная Хаббла $2.4 \cdot 10^{-18} \text{ с}^{-1}$ (Гц). Получим красное смещение за один период колебания $Z_T = H_0 T = H_0/\nu$ и $\nu Z_T = H_0$ - величину, на которую уменьшается частота фотона за период колебания ($\nu z = \nu_0 - \nu$) и, соответственно, $\nu_n = nH_0$ - квантовую форму закона Хаббла, где n - число совершённых колебаний за пройденное расстояние $n = t/T = r/\lambda = rv/c$, ν_n - разность частот $\nu_n = \nu_0 - \nu$, $\lambda = c/\nu$. Т.е. **постоянная Хаббла - это квантовая величина, на которую уменьшается частота фотона за один период колебания вне зависимости от длины волны**, а чтобы определить насколько уменьшилась частота фотона, надо постоянную Хаббла умножить на число совершённых колебаний: **$\nu_n = nH_0$ - формула космологического красного смещения частоты фотона**. Например, фотон с частотой $6 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$ ($\lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$), пройдя 40 мегапарсек ($r = 1.234 \cdot 10^{24} \text{ м}$), совершит число колебаний $n = r/\lambda = rv/c = 2.47 \cdot 10^{30}$. При этом его частота уменьшится на

$$\nu_n = nH_0 = 2.47 \cdot 10^{30} \times 2.4 \cdot 10^{-18} \text{ Гц} = 5.9 \cdot 10^{12} \text{ Гц},$$

красное смещение будет

$$z = \nu_n/\nu = 5.9 \cdot 10^{12} \text{ Гц} / 6 \cdot 10^{14} \text{ Гц} = 0.01$$

$$(z = \nu_n/\nu = nH_0/\nu = rvH_0/cv = H_0r/c = H_0t = 0.01).$$

На малых расстояниях - полное совпадение с классическим законом Хаббла

$$z = H_0r/c = (2.4 \cdot 10^{-18} \text{ Гц} \times 1.234 \cdot 10^{24} \text{ м}) / 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} = 0.01.$$

Диссипация энергии фотона за один период колебания: **$E_T = hH_0 = 1.6 \cdot 10^{-51} \text{ Дж}$ - квант диссипации энергии фотона**, соответственно, **$hH_0/c^2 = 1.8 \cdot 10^{-68} \text{ кг}$ - квант массы**, где h - постоянная Планка, а максимальное (предельное) число колебаний, которое может совершить фотон за свою жизнь: $N = E/E_T = hv/hH_0 = \nu/H_0$, где E - энергия фотона.

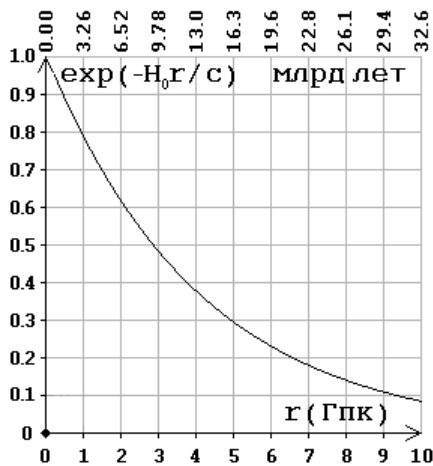
После представления закона Хаббла в квантовой форме $\nu_n = nH_0$ становится видно, что космологическое красное смещение частоты фотона имеет квантовую природу и зависит только от количества колебаний за пройденное расстояние. Т.е. это квантовый эффект, где имеет место именно диссипация энергии волн. Не бывает при эффекте Доплера зависимости от количества колебаний. Если частота с каждым периодом уменьшается на постоянную Хаббла, то такой процесс представляет диссипацию энергии волн, а не эффект Доплера.

Чтобы вывести квантовый закон Хаббла, достаточно посчитать красное смещение частоты фотона за один период колебания. Т.е. квантовый закон Хаббла выведен чисто математически, простым и логически понятным способом, поэтому он постепенно переходит в категорию общепризнанных и уже есть почти во всех русскоязычных электронных энциклопедиях. Википедия:

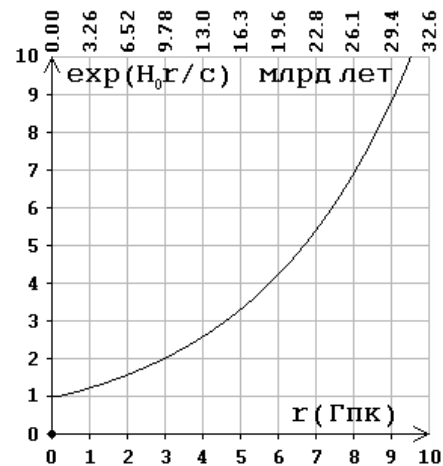
«... постоянная Хаббла - это величина, на которую уменьшается частота фотона за один период колебания вне зависимости от длины волны, и чтобы определить насколько уменьшилась частота фотона, надо постоянную Хаббла умножить на число совершённых колебаний: $\nu_n = nH_0$.»

http://ru.wikipedia.org/wiki/Закон_Хаббла

Квантовый закон Хаббла (квантовый закон космологического красного смещения) гласит, что частота фотона при каждом колебании волны уменьшается на квантовую величину, равную постоянной Хаббла $\nu_n = nH_0$, это наблюдается как красное смещение. Т.е. постоянная Хаббла представляет квант красного смещения. Из-за того, что период колебания всё время увеличивается, частота уменьшается со временем t по закону экспоненты $\nu(t) = \nu_0 e^{-H_0 t}$, а длина волны растёт $\lambda(t) = \lambda_0 e^{H_0 t}$.



Зависимость частоты (энергии) от расстояния.
Сверху на графике - время.



Зависимость длины волны от расстояния.
Сверху на графике - время.

На графике видно, что за 9.3 миллиарда лет (2.9 гигапарсек) частота уменьшается в два раза. Частота фотона прямо пропорциональна энергии, соответственно, $E(t) = E_0 e^{-H_0 t}$ - формула затухания фотона, где постоянная Хаббла представляет показатель затухания электромагнитных колебаний. Налицо полное совпадение с экспоненциальным законом затухающих колебаний.

«ЗАТУХАЮЩИЕ КОЛЕБАНИЯ, собственные колебания, амплитуда A которых убывает со временем t по закону экспоненты $A(t) = A_0 e^{-at}$ (a - показатель затухания) из-за диссипации энергии благодаря силам вязкого трения для механических затухающих колебаний и омическому сопротивлению для электромагнитных затухающих колебаний.»

http://dic.academic.ru/dic.nsf/natural_science/4301/ЗАТУХАЮЩИЕ

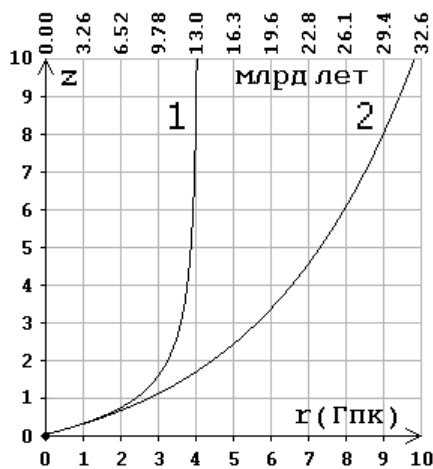
Работа лауреатов Нобелевской премии за 2011 год по изучению отдалённых сверхновых звёзд типа Ia подтвердила, что наблюдаемое красное смещение частоты как для близких, так и для удалённых галактик соответствует $\nu(t) = \nu_0 e^{-H_0 t}$ - **формула зависимости частоты фотона от времени**. Выражение отражает экспоненциальный закон затухающих колебаний, где H_0 - показатель затухания, представляющий величину, на которую уменьшается частота за один период колебания. Т.е., если t равно периоду колебания $t = 1/\nu_0$, то, независимо от частоты, всегда $\nu(t) = \nu_0 - H_0$. Например, для удалённых галактик, находящихся на расстоянии 3.3 Гпк ($t = 10.76$ млрд лет = $3.43 \cdot 10^{17}$ сек), наблюдаемое космологическое красное смещение будет

$$z = (\nu_0 - \nu(t))/\nu(t) = \nu_0/\nu(t) - 1 = 1/e^{-H_0 t} - 1 = e^{H_0 t} - 1 = 1.3,$$

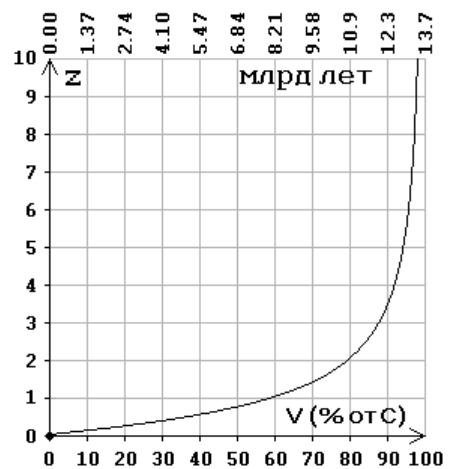
а не $z = 2$, как считается по теории расширения Вселенной, отсюда и яркость сверхновых ниже.

«При смещениях $z = 2$... скорость $v = 0.8c$... расстояние по красному смещению - составляет $r = 3.3$ Гпк (по эффекту Доплера)»

http://ru.wikipedia.org/wiki/Космологическое_красное_смещение



1 - по теории расширения Вселенной (по эффекту Доплера). 2 - по квантовому закону Хаббла и по методу "стандартных свеч". Сверху на графике - время.



Зависимость скорости от красного смещения по эффекту Доплера (в процентах от скорости света). Сверху на графике - время.

«В работах лауреатов Нобелевской премии 2011 г. было обнаружено, что в удалённых галактиках, расстояние до которых было определено по закону Хаббла, сверхновые типа Ia имеют яркость ниже той, которая им полагается. Иными словами, расстояние до этих галактик, вычисленное по методу "стандартных свеч", оказывается больше расстояния, вычисленного на основании ранее установленного значения параметра Хаббла. Был сделан вывод, что Вселенная не просто расширяется, она расширяется с ускорением!»

<http://hepd.pnpi.spb.ru/ioc/ioc/line%209-10-2011/n5.htm>

«Итак, изучая удалённые от Земли сверхновые, лауреаты обнаружили, что те как минимум на четверть тусклее, чем предсказывает теория - это означает, что звезды расположены дальше, чем следовало из расчётов.»

<http://lebed.com/2011/art5913.htm>

Т.е., изучая удалённые сверхновые, лауреаты обнаружили, что расстояние, рассчитанное по эффекту Доплера, не соответствует реальному расстоянию до звезд. На сегодняшний день сверхновые Ia наблюдаются вплоть до $z = 2$. При $z = 2$ расстояние, вычисленное по эффекту Доплера, 10.8 млрд световых лет (3.3 Гпк), а по методу "стандартных свеч" 14.8 млрд световых лет (4.5 Гпк) - красное смещение растёт экспоненциально $z = e^{H_0 t} - 1$. Отсюда делают ошибочный вывод, что это Вселенная расширяется экспоненциально.

«... масштабный фактор Вселенной ведёт себя асимптотически приблизительно так: $a(t) \sim e^{H_0 t}$ - Вселенная будет экспоненциально расширяться, и этого не очень-то ожидали раньше. То есть это есть ускоренное расширение Вселенной, а раньше, по стандартной теории, выходило, что Вселенная должна расширяться с замедлением.»

Лекция А. Линде. <http://elementy.ru/lib/430484>

«... $a(t) \sim e^{H_0 t}$... $z + 1 = a_0/a(t)$, где $a(t)$ - космологический масштабный фактор в момент времени t , а a_0 - его величина в настоящее время.»

http://www1.jinr.ru/Pepan/2012-v43/v-43-3/01_dol.pdf

По методу "стандартных свеч" установлено: $a_0/a(t) = e^{H_0 t}$, где $a_0/a(t) = z + 1$, соответственно, $z + 1 = e^{H_0 t}$ и $z = e^{H_0 t} - 1$. Возраст фотонов $t = \ln(z + 1)/H_0$. Т.е. астрономические наблюдения подтверждают, что красное смещение подчиняется экспоненциальному закону затухающих колебаний, в полном соответствии с квантовым законом Хаббла $z = e^{H_0 t} - 1$ (классический закон Хаббла $z = H_0 t$).

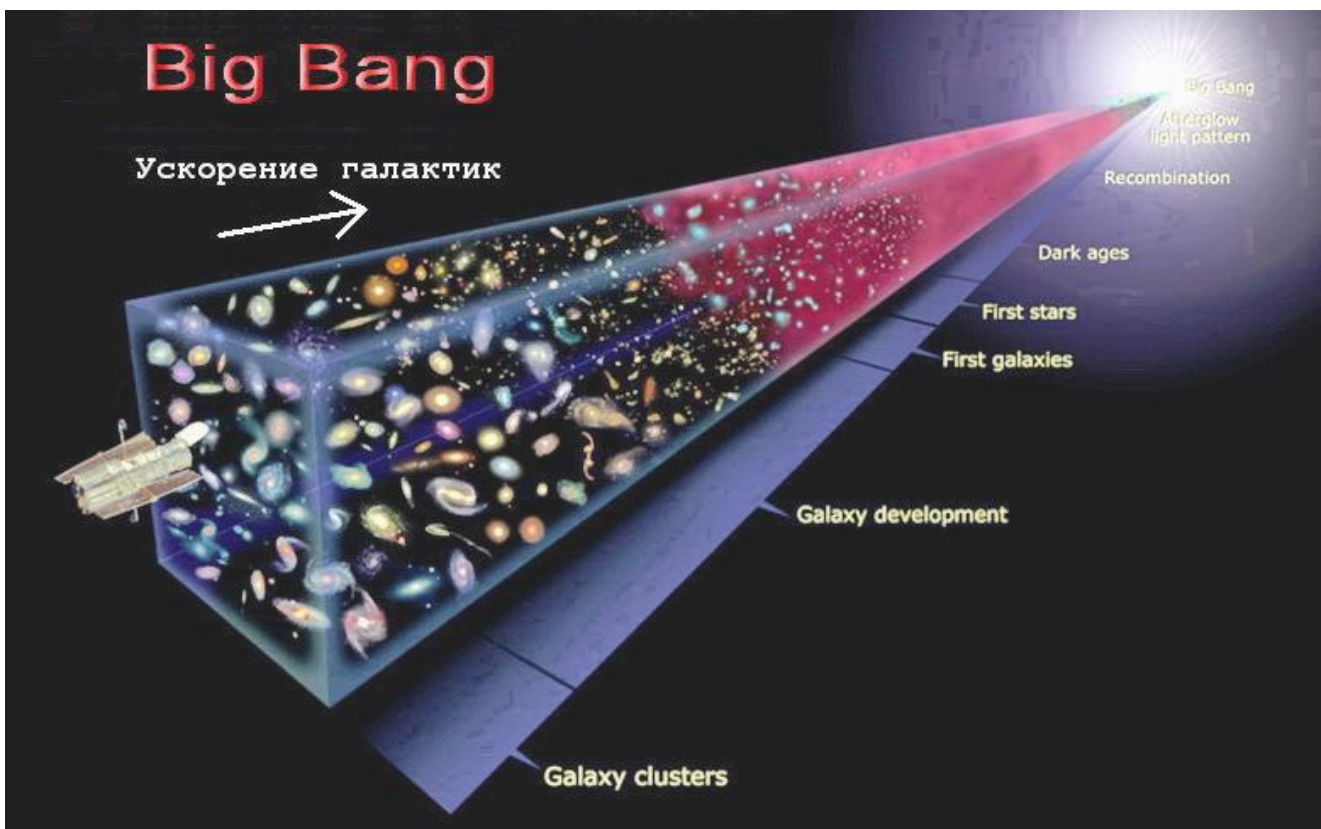
Когда при исследовании удалённых галактик было обнаружено, что космологическое красное смещение происходит по экспоненциальному закону затухающих электромагнитных колебаний, а не по эффекту Доплера,

то ради спасения теории Большого взрыва, вопреки законам физики, было придумано сказочное объяснение - ускоренное расширение Вселенной тёмной силой (энергией).

«Тёмная энергия в космологии - гипотетический вид энергии, введённый в математическую модель Вселенной ради объяснения наблюдаемого её расширения с ускорением.»

http://ru.wikipedia.org/wiki/Тёмная_энергия

Как можно говорить о расширении с ускорением, если в любой стороне, куда ни посмотреть, по эффекту Доплера получается, что молодые (дальние) галактики движутся быстрее, чем старые, т.е. со временем скорость становится меньше - торможение 22 км/с за миллион лет. При этом, каким-то волшебным образом, молодые галактики сразу после Большого взрыва оказались на окраине Вселенной. Получается, что в первые секунды после взрыва (13.7 млрд лет назад) всё вещество находилось на поверхности сферы радиусом 13.7 млрд световых лет и почти со скоростью света удалялось от центра.



Согласно теории расширения Вселенной, чем моложе галактики, тем быстрее они удаляются от нас. Т.е. ускорение галактик происходит в сторону самых первых секунд после Большого взрыва. Получается, что взрыв идёт из точки Большого взрыва, а ускорение - наоборот и при этом с любой стороны от нас, что указывает на отсутствие какой-либо логики в теории. Этот абсурд

сторонники теории объясняют тем, что при Большом взрыве могут нарушаться все законы физики и логики, а потому "полная свобода в выборе".

«В точке Большого взрыва и в других сингулярностях нарушаются все законы, а потому за Богом сохраняется полная свобода в выборе того, что происходило в сингулярностях и каким было начало Вселенной.»

Краткая история времени. От Большого взрыва до черных дыр. Стивен Хокинг.

Также противоречит логике утверждение, что космическое микроволновое фоновое излучение связано с Большим взрывом, так как в этом случае оно наблюдалось бы с одной стороны - со стороны взрыва, источника излучения. Например, если где-то взорвалась звезда, то будет видна одна точка - там, где произошёл взрыв. Излучение всегда идёт из точки излучения. Это относится ко всем источникам и даже к тем, которым более 13 млрд лет - они также видны как точечные.

«Были сопоставлены расстояния до далёких галактик, найденные по закону Хаббла (по эффекту Доплера) и по сверхновым Ia типа. Расстояние по сверхновым оказалось значительно больше.»

<http://www.astrogalaxy.ru/785.html>

Из-за того, что теория расширения Вселенной неправильно вычисляет расстояние по эффекту Доплера, удаленные галактики кажутся маленькими (компактными), а сверхновые типа Ia имеют яркость ниже. Например, для галактики UDFj-39546284, где $z = 11.9$, согласно квантовому закону Хаббла, расстояние будет $t = \ln(z + 1)/H_0 = 1.06 \cdot 10^{18}$ сек = 33.8 миллиарда световых лет (10.4 Гпк), а не 13.4 (4.1 Гпк), как считается по теории расширения, поэтому она и кажется компактной.

«UDFj-39546284 - компактная галактика, состоящая из голубых звёзд, которые существовали 13.4 миллиарда лет назад, то есть примерно через 380 миллионов лет после Большого взрыва. ... Галактика имеет красное смещение $z = 11.9$.»

<http://ru.wikipedia.org/wiki/UDFj-39546284>

Согласно теории Большого взрыва, при $z = 11.9$ по эффекту Доплера скорость галактики близка к скорости света и время течёт очень медленно, все процессы замедляются в $z + 1 = 12.9$ раза. Соответственно, получается, что для нас прошло 380 миллионов лет, а для галактики 29.5 миллиона лет после Большого взрыва. Но для образования галактик требуется около миллиарда лет и за такое короткое время галактика образоваться не может.

«1 миллиард лет - Образование первых галактик.»

<http://www.modcos.com/articles.php?id=105>

Также, согласно теории относительности, если время замедляется в 12.9 раз, то, соответственно, должна увеличиваться масса в 12.9 раз. Т.е. чем дальше галактики, тем больше их скорость и, соответственно, масса. Отсюда получается бесконечно большая масса на расстоянии 13.7 млрд световых лет - первые секунды Большого взрыва.

«Вселенная возникла 13.7 млрд лет назад ... 10^{-43} секунд после Большого взрыва, в это время гравитационное взаимодействие отделилось от остальных фундаментальных взаимодействий.»

http://ru.wikipedia.org/wiki/Большой_взрыв

Если в вакуумной среде наблюдаются флуктуации поля, то в такой среде будет происходить поглощение электромагнитных волн - энергия волн переходит в энергию флуктуаций. И наоборот, флуктуации вакуума (нулевые колебания электромагнитного поля) могут превращаться в реальные фотоны - микроволновое фоновое излучение физического вакуума (спектр "чёрного тела" с температурой 2.7 К). Понятно, что если вакуум флуктуирует, значит, у него ненулевая температура. То, что флуктуации вакуума могут превращаться в реальные фотоны, подтверждено экспериментально - динамический эффект Казимира.

«В теории существует и динамический эффект Казимира - превращение флуктуаций вакуума в реальные частицы (в частности, фотоны). Именно его впервые смогли наблюдать учёные.»

http://zoom.cnews.ru/rnd/news/top/effekt_kazimira_na_praktike_svet_rodilsya_iz_nichego

«В настоящее время установлено, что вакуум не пустота, а является некой материальной средой с определенными, но ещё не установленными свойствами. Это было подтверждено наблюдением вакуумных эффектов, например, нулевых колебаний и поляризации вакуума, генерации частиц в вакууме при электромагнитных взаимодействиях. Поэтому резонно предположить, что физический вакуум может обладать внутренним трением из-за его малой, но реальной вязкости, что и может являться причиной изменения взаимодействия света с ним и в конечном счете приводит к красному смещению.»

<http://bourabai.narod.ru/shtyrkov/evolution.htm>

Волны - это колебания некоторой среды, а иначе не наблюдались бы дифракция и интерференция. Электромагнитные волны - это колебания, в которых происходит преобразование электрической энергии в магнитную и обратно. Не бывает стопроцентного преобразования энергии, происходит диссипация - затухание волн. Нет необходимости заниматься мифотворчеством, объясняя космологическое красное смещение

вмешательством тёмных сил, "расталкивающих" галактики, так как обычные формулы затухающих электромагнитных колебаний, с учётом квантовых принципов, позволяют точно рассчитывать красное смещение для любых расстояний.

«Проверка показала, что данные почти идеально совпадают с моделью "усталого света" и сильно расходятся с фридмановской.»

<http://www.vokrugsveta.ru/vs/article/6797/>

«И, наконец, после получения снимков очень удалённых объектов (z порядка 4) при помощи космического телескопа "Хаббл", когда должны были бы увидеть отдельные объекты ранней Вселенной, близкой к началу эволюции, выяснилось, что опять видны сложные образования (галактики). Ясно, что на формирование их структуры опять понадобилось бы огромное время, соизмеримое с принятым по модели Большого взрыва возрастом Вселенной.»

<http://bourabai.narod.ru/shtyrkov/evolution.htm>

«Далёкие галактики имеют слишком зрелое строение для теории большого взрыва.»

<http://www.vseocosmose.ru/?p=646>

Одной из главных задач космического телескопа "Хаббл" было увидеть границу Вселенной, но её не обнаружили. Всюду наблюдается примерно одинаковая картина из галактик, не выделяющихся своим возрастом. Вселенная однородна, изотропна, нет эволюции металличности и нет видимых признаков Большого взрыва.

«... нет никакой существенной эволюции металличности родительских галактик GRB в интервале $0 < z < 6$.»

Доклад в ГАИШ 05.04.13. http://sed.sao.ru/~vo/cosmo_school/presentations/Sokolov_paper.pdf

Нет эволюции металличности (нет старения со временем), а это означает, что нет возраста у Вселенной - она вечна!

Измерение расстояний методом "стандартных свеч" показало, что космологическое красное смещение происходит в точном соответствии с формулами квантового закона Хаббла. По сути получается, что Нобелевская премия в 2011 году была получена за подтверждение квантового закона Хаббла.

Распространение квантовых принципов на астрофизику позволило вывести квантовый закон Хаббла, который, в отличие от эффекта Доплера (теория Большого взрыва), может правильно рассчитывать космологическое красное смещение для любых расстояний, что подтверждено современным методом "стандартных свеч".