

## О парадоксе старения фотонов

(29.03.2012. Переработано 03.04.2012)

### 1 СКМ и наблюдение фотонов

В Стандартной Космологической Модели (СКМ) существует известный парадокс “утомленных” фотонов, испущенных несколько миллиардов лет назад: они кажутся наблюдателю на Земле не такими, как их современные “родственники” – длина волны этих “древних” фотонов больше, а энергия и частота – соответственно меньше. Этот факт в СКМ объясняют тем, что по мере расширения Вселенной длина волны путешествующего фотона также растет, следовательно, и его энергия уменьшается.

Однако СКМ не может объяснить, куда пропадает энергия “постаревших” фотонов: если энергия кванта в процессе движения не передается ничему, то ее уменьшение (увеличение длины волны) может иметь место лишь при нарушении закона сохранения энергии; если же квант теряет часть своей энергии, передавая ее другим фотонам или частицам среды, то при этом направление его движения изменялось бы, изображения далеких галактик были бы расплывчатыми, нечеткими и, тем более, размытыми тем сильнее, чем дальше эта галактика находится. На самом же деле изображения как близких, так и далеких галактик достаточно четкие.

Предлагаются и другие гипотезы, например, возможность объяснения красного смещения спектров галактик (т.е. изменения энергии фотонов) гипотетическим изменением скорости света по мере старения Вселенной. Однако все эти гипотезы считаются сегодня несостоятельными.

Важно заметить, что первые наблюдатели красного смещения – Слайфер, Хаббл и Хьюмасон – естественным образом связывали его с эффектом Доплера, т.е. *непосредственно со скоростью* удаления источника света от Земли. Затем экспериментально установленный закон Хаббла определил, что практически все галактики *удаляются* от нас со скоростью, которая линейно пропорциональна расстоянию до этой галактики. Отсюда был сделан вывод, опирающийся на теоретическую работу Ж. Лемэтра 1927 г. (до него А. А. Фридман в 1922 г. рассматривал эту проблему с достаточно абстрактной точки зрения), что Вселенная изотропно расширяется, и это позволило ввести однозначно соответствующий расстоянию параметр красного смещения

$$z = (\lambda_{\text{набл}} - \lambda_{\text{изл}}) / \lambda_{\text{изл}},$$

где  $\lambda_{\text{набл}}$  – наблюдаемая нами длина волны фотона,  $\lambda_{\text{изл}}$  – длина волны фотона в момент его излучения удаленным источником.

В это выражение скорость удаления явным образом уже не входит (хотя может быть рассчитана), и астрономы очень быстро “перестроились” – упоминание об эффекте Доплера сначала просто вышло из моды, а затем (по неясным для меня соображениям<sup>1</sup>) стало считаться неточным или даже неправильным. И это несмотря на то, что сам автор вывода вышеприведенной формулы Ж. Лемэтр так и называет соответствующей 4-й раздел своей знаменитой статьи: “Эффект Доплера, связанный с изменением радиуса

---

<sup>1</sup> Например, насколько можно судить по литературным данным, Хаббла в 1929 г. якобы стала смущать мысль о возможности движения массивных объектов с субсветовыми скоростями.

вселенной” [Lemaitre, 1927]. И, кстати, в широко известных книгах [Tolman, 1934] и [Weinberg, 1972] их именитые авторы при выводе данной формулы говорят именно об эффекте Доплера<sup>2</sup>. *Вместо* этого в научный обиход вошло непосредственное представление о “растяжении” длины волны фотона по мере расширения Вселенной (т.е. в соответствии с общим масштабным фактором), что, вообще говоря, является *дополнительной* гипотезой.

## 2 ТШРВ и наблюдение фотонов

С 1993 г. я развиваю альтернативную СКМ космологическую модель (Теорию Шаровой Расширяющейся Вселенной – ТШРВ, см. [Шульман, 2006, 2011]). Она подобного парадокса не содержит, а, напротив, предсказывает именно такое положение дел.

ТШРВ основывается на том, что наша Вселенная не может быть ничем иным, как черной дырой (ЧД) во внешней гипер-вселенной (поскольку ее геометрический размер совпадает с ее гравитационным радиусом), и вследствие этого ее расширение есть обычный феномен роста ЧД вследствие поглощения материи и энергии извне. Собственный возраст ЧД просто пропорционален ее размеру, ее энергия, естественно, не сохраняется, а растет также пропорционально ее размеру и возрасту (этот эффект был качественно предсказан Н.А. Козыревым, хотя и на основании иной физической модели).

В ТШРВ принимается, что длина волны фотона (и других элементарных квантовых объектов) при расширении Вселенной не увеличивается, а *остаётся постоянной*. Но, если это так, восстанавливается в своих правах “хорошо забытое” объяснение красного смещения – это эффект Доплера. Ведь фотону все равно, почему в момент излучения он удалялся от места, где находится теперь Земля – связано ли это с расширением Вселенной, или это просто пекулярная скорость галактики, или сочетание того и другого. Расширение Вселенной в ТШРВ по-прежнему имеет место, так что для достаточно удаленных в пространстве и времени галактик красное смещение стремится к бесконечности, когда скорость удаления стремится к скорости света.

Так может ли скорость удаления даже самых массивных объектов оказаться субсветовой, очень близкой к скорости света? Конечно, может, в такой скорости нет ничего физически экстраординарного – ведь для других наблюдателей физическая скорость этого же объекта может быть сколь угодно малой, это чисто относительный эффект. А что будет для столь удаленных галактик, скорость удаления которых по закону Хаббла при расширении Вселенной должна превышать скорость света? Ответ: ничего, потому что после достижения такой скорости взаимного удаления фотоны от этого объекта вообще перестанут достигать земного наблюдателя, т.е. объект наблюдения выйдет за наш горизонт событий.

Остается рассмотреть ключевой вопрос – что же происходит с энергией фотонов? Как уже было отмечено, в ТШРВ показано, что масса и энергия как самой Вселенной, так и любой *массивной* частицы, растет пропорционально возрасту Вселенной. Кроме того, в рамках другого моего исследования из независимых соображений показано, что и энергия фотона ведет себя так же, т.е. линейно растет со временем. Дело в том<sup>3</sup>, что параметр Планка “проникает” (со времен Дирака) в квантовую механику через так называемые коммутаторы квантовых переменных. Эти коммутаторы имеют классические аналоги – скобки Пуассона. В простейшем случае гармонического осциллятора результатом

<sup>2</sup> См. также интересные и поучительные работы [Melia, 2012] и [Chodorowski, 2011].

<sup>3</sup> См. подробный анализ в [Шульман, 2004].

коммутации является характерный объем *данной* системы в классическом фазовом пространстве, т.е. его *индивидуальный* “размер”, выраженный через максимальную амплитуду колебания и максимальный импульс. Тот факт, что в квантовом случае коммутаторы переменных выражаются через *один и тот же* параметр Планка, говорит о том, что *все* элементарные частицы являются *нелокальными* осцилляторами, т.е. каждая частица “размазана” по всей Вселенной, поэтому и “размер” у них одинаковый. Однако по мере роста Вселенной он увеличивается, что отвечает не постоянному (как принято считать), а линейно возрастающему со временем значению параметра Планка  $h$ .

Таким образом, за время полета фотона от удаленной галактики до Земли, как предсказывает ТШРВ, его энергия возрастает (и к моменту наблюдения становится равной энергии современных земных фотонов), а длина волны и частота остаются *неизменными*. Однако для земного наблюдателя вследствие эффекта Доплера длина волны и частота искажаются, но в этом отсутствует какой бы то ни было “энергетический” парадокс: ведь *кинетическая* энергия летящей мимо нас массивной частицы также зависит от *взаимной* скорости частицы и наблюдателя, и это никого не удивляет. Заметим, что в СКМ, как считается, “покраснение” фотона является абсолютным, а не относительным, что и приводит к кажущемуся парадоксу.

## Благодарность

*Автор выражает искреннюю благодарность Ю.А. Лебедеву за жесткую и конструктивную критику, приведшую если не ко взаимному согласию, то, по крайней мере, к принципиальной переработке авторской интерпретации проблемы.*

## Ссылки:

[Chodorowski, 2011]. Michał J. Chodorowski. The kinematic component of the cosmological redshift, arXiv:0911.3536v3 [astro-ph.CO] 8 Mar 2011

[Lemaitre, 1927] G. Lemaitre. Un Univers homogène de masse constante et de rayon croissant rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extra-galactiques. Annales de la Société Scientifique de Bruxelles, Vol. 47, p. 49, April 1927.

См. русский перевод: Ж. Лемэтр. Однородная Вселенная постоянной массы и возрастающего радиуса, объясняющая радиальные скорости внегалактических туманностей, [www.timeorigin21.narod.ru/rus\\_translation/Lemaitre\\_1927\\_rus.pdf](http://www.timeorigin21.narod.ru/rus_translation/Lemaitre_1927_rus.pdf)

[Melia, 2012] Fulvio Melia. Cosmological Redshift in FRW Metrics with Constant Spacetime Curvature, arXiv:1202.0775v1 [astro-ph.CO] 3 Feb 2012 См. реферат на русском языке [www.timeorigin21.narod.ru/rus\\_translation/1202\\_0775v1\\_redshift\\_rus.pdf](http://www.timeorigin21.narod.ru/rus_translation/1202_0775v1_redshift_rus.pdf)

[Tolman, 1934] Richard C. Tolman. Relativity, Thermodynamics And Cosmology. Oxford, Clarendon Press, 1934. Русский перевод: Толман Р. *Относительность, термодинамика и космология*. Москва, Наука, 1974.

[Weinberg, 1972] Weinberg S., Gravitation and Cosmology: Principles and applications of the General Theory of Relativity, John Wiley and Sons, Inc., 1972. Русский перевод: Вейнберг С. Гравитация и космология: принципы и приложения общей теории относительности. М, “Мир”, 1975.

[Шульман, 2004] Шульман М.Х. Вариации на темы квантовой теории. Москва, Едиториал УРСС, 2004. [http://timeorigin21.narod.ru/rus\\_quantum/Variations.pdf](http://timeorigin21.narod.ru/rus_quantum/Variations.pdf)

[Шульман, 2006] Шульман М.Х. *Парадоксы, логика и физическая природа времени*. [http://timeorigin21.narod.ru/rus\\_time/Origin.pdf](http://timeorigin21.narod.ru/rus_time/Origin.pdf)

[Шульман, 2011] М.Х. Шульман. Альтернативная космология. [www.timeorigin21.narod.ru/rus\\_time/Alt\\_cosmology.pdf](http://www.timeorigin21.narod.ru/rus_time/Alt_cosmology.pdf)