

УДК 524.83; 524.82.

ПРОВЕРКА РАВЕНСТВА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЕЛОМЛЕНИЯ СТЕКЛА ДЛЯ СВЕТА ЗВЕЗД И ДЛЯ СВЕТА, ИЗЛУЧАЕМОГО КВАЗАРАМИ С ЗАМЕТНЫМ КРАСНЫМ СМЕЩЕНИЕМ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ

А.И. Колесников

Тверской государственной университет,
кафедра прикладной физики

С помощью плоско-параллельной пластинки, установленной на 60-сантиметровом телескопе-рефлекторе, экспериментально проверено соотношение между показателями преломления стекла для звезды и для квазара 3C273 с близкими небесными координатами. Установленное равенство показателей преломления скорее всего свидетельствует о действительном равенстве скоростей света от звезды и от квазара. Альтернативой данной трактовке может быть только маловероятная гипотеза, согласно которой и скорость света от квазара в вакууме, и скорость этого света в стекле ровно в $z+1$ раз меньше соответствующих скоростей света от звезды, где z – красное смещение для квазара.

Теория. Как известно, в прямых астрономических и лабораторных опытах по измерению групповой скорости света использовался либо свет Солнца, либо свет или радиоизлучение наземных источников [1]. Таким образом, излучение, фиксируемое приёмниками, во всех этих опытах проходило очень малое по астрономическим меркам расстояние.

Представим, что существует некий физический механизм торможения света, который проявляется количественно только на очень больших расстояниях. Пусть скорость света от удалённого источника – квазара или АЯГ (активного ядра галактики) уменьшилась по пути к Земле до значения $c < c_0$. В том случае, когда $c = c_0/(z+1)$, где z – красное смещение, частота света, воспринимаемая земными приёмниками, также уменьшается в $(z+1)$ раз.

Каковы экспериментальные возможности для проверки такой гипотезы, альтернативной гипотезе о доплеровском уменьшении частот света, вызванном расширением Вселенной в следствии Большого взрыва?

Во-первых, у изображения источника, свет от которого приходит на Землю с уменьшенной скоростью $c = c_0/(z+1)$, должна была бы увеличиваться также в $(z+1)$ раз годовая аберрация, максимальная величина которой за 6 месяцев составляет для всех звезд $\approx 41''$ [2]. Поэтому изображение квазара, например, квазара 3C273 ($z = 0,158$), должно было бы смещаться относительно соседних звезд на величину $\approx 41'' \cdot z \approx 6,5''$. Вследствие различных оптических искажений, в том

числе из-за турбулентности атмосферы, само "изображение" квазара обычно имеет примерно такую же угловую величину. Таким образом, обнаружение возможности смещения квазара относительно звезд требует тщательной обработки и анализа изображений одного и того же участка неба, полученных в течение нескольких месяцев. Следует признать, что отсутствие в литературе сообщений о подобных "перемещениях" квазаров даже с существенно большими значениями z говорит не в пользу гипотезы о "медленном" свете. Её справедливость свидетельствовала бы об одновременной невнимательности значительного числа астрономов и астрофизиков, которая представляется весьма маловероятной.

Однако существует ещё один – экспериментально значительно более простой способ проверки возможности снижения скорости света от квазаров. И требует он всего лишь серии измерений в течение одной ночи, благоприятной по погодным условиям для наблюдений. Он заключается в сравнении показателей преломления стекла для света от квазара и света от звезды. В настоящее время считается, что скорость света с данной частотой ω зависит только от химического состава и структуры вещества и не зависит от скорости света в среде, из которой он попадает в вещество. Оснований для сомнений в этом до сих пор не давали никакие известные опыты по измерению показателей преломления в случае последовательного прохождения светом границ непосредственно контактирующих различных веществ – стёкол, кристаллов и жидкостей. Поэтому при изменении скорости света от источника в $(z+1)$ раз, т.е. $n = n_0/(z+1)$, где n_0 – показатель преломления для света, идущего со скоростью $c_0 = 3 \cdot 10^8$ км·с⁻¹. Схема опыта по проверке возможного уменьшения показателя преломления для света, идущего от источника с заметным красным смещением, представлена на рис. 1. Между кассегреновским фокусом и CCD-матрицей – приёмником телескопа-рефлектора устанавливается как можно более толстая плоскопараллельная пластина из оптического стекла. Сначала изображение квазара должно быть получено строго на оси телескопа. При этом измеряется расстояние l_1 до некоторой звезды, находящейся в кадре как можно дальше от квазара (рис. 1, а). Затем в центр вводится изображение той же звезды, и вновь измеряется расстояние l_2 до квазара (рис. 1, б). Если в действительности $n = n_0/(z+1)$, то будем иметь (с точностью до замены \sin, \tg самими углами):

$$l_1 = H\alpha + \frac{h\alpha}{n_0}; \quad l_2 = H\alpha + \frac{h\alpha(1+z)}{n_0};$$

$$\frac{\alpha}{\beta_0} = n_0 \quad \frac{\alpha}{\beta} = n = \frac{n_0}{z+1}$$

$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{H\alpha + \frac{h\alpha}{n_0} + \frac{zh\alpha}{n_0}}{H\alpha + \frac{h\alpha}{n_0}} = 1 + \frac{hz}{Hn_0 + h} \quad (1)$$

здесь h – толщина стеклянной пластины, H – расстояние между пластиной и поверхностью CCD-матрицы.

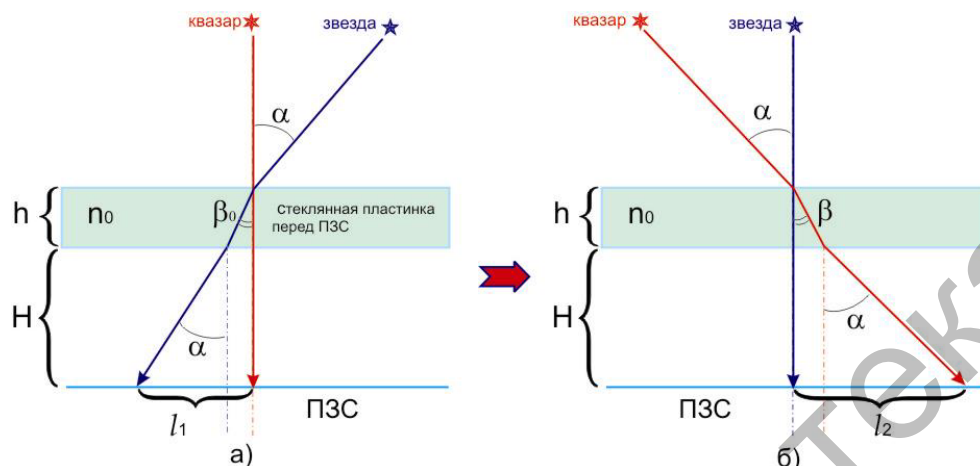


Рис. 1. Схема опыта по сравнению показателей преломления стекла для света от звезды и света от источника с заметным красным смещением z : a – квазар в центре, звезда сбоку; b – звезда в центре, квазар сбоку

Таким образом, при $z > 0$, $l_2 > l_1$, т.е. во втором случае расстояние на CCD-матрице между изображениями квазара и звезды должно быть больше, чем в первом.

Эксперимент. В ночь с 9 на 10 марта 2007 года соответствующие наблюдения квазара 3C273 были проведены главным научным сотрудником Крымской астрофизической обсерватории Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга В.М. Лютым. Использовался 60-сантиметровый кассегреновский телескоп-рефлектор, в котором вместо блока светофильтров была установлена плоско-параллельная стеклянная пластинка толщиной $h = 25,5$ мм, поэтому измерения проводились в интегральном свете. Так как пластина устанавливалась после редуктора фокуса, она оказалась достаточно далеко от кристалла CCD-матрицы, что могло несколько уменьшить величину возможного эффекта. Тем не менее, при значениях $H = 85$ мм, $n_0 = 1,5$ и $z = 0,158$, теоретическое отношение l_2/l_1 должно было равняться 1,026. Это соответствовало бы примерно 5–6 пикселям на кадре, т.е. очень хорошо измеримой величине.

Все опыты, однако, дали отрицательные результаты. Для 15 комбинаций “квазар-звезда” на 7 кадрах получилось:

$$l_2/l_1 = 1,003 \pm 0,002 \text{ (SD=0,0054, } N=15\text{)}.$$

При добавлении одновременно проверенных комбинаций "звезда-звезда" получилось:

$$l_2/l_1 = 1,002 \pm 0,002 \text{ (SD=0,0069, } N=19\text{)}.$$

Соответствующие кадры с изображениями квазара и звезд представлены на рис. 2 и рис. 3.

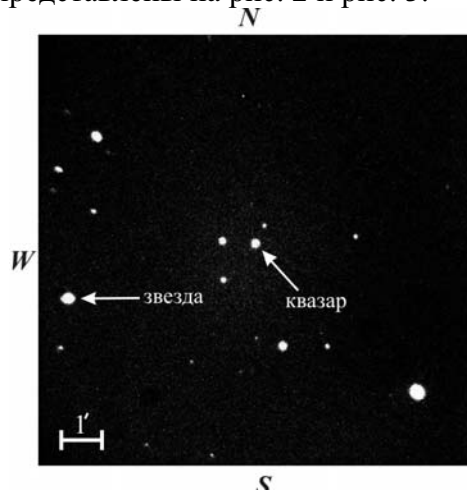


Рис. 2. Квазар 3C273 в центре

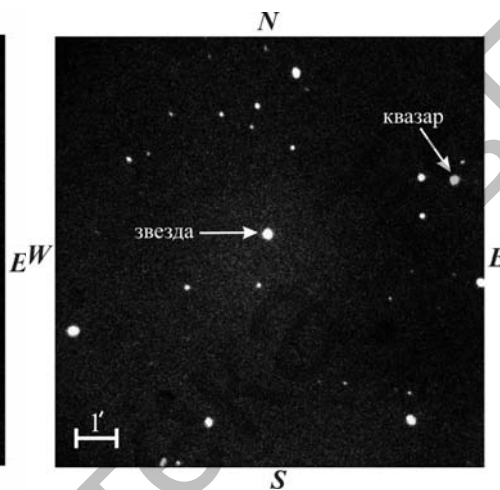


Рис. 3. Звезда в центре

Заключение. Экспериментально доказано, что показатель преломления стекла для света от квазара 3C273 ($z = 0,158$) с высокой точностью равен показателю преломления стекла для света от звезд.

Традиционное и наиболее вероятное объяснение этому факту заключается в том, что скорость света от квазаров в действительности равна скорости света от звезд. При этом частота света от квазаров уменьшена в $(z+1)$ раз. Второе возможное объяснение заключается в том, что скорость света от квазаров и в вакууме по пути до Земли, и в стекле пропорционально уменьшается в $(z+1)$ раз. Однако для такого объяснения в настоящее время нет никаких теоретических и экспериментальных предпосылок.

Список литературы

1. Ландсберг Г.С. Оптика. М., 1979. С. 417–431.
2. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности. М.: Высшая школа. 1986. с. 68.