

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРЯТНОЙ МАССЫ МИКРОЛИНЗЫ В ГЛС H1413+117

Т.А. Ахунов¹, Р.А. Гайсин², Д. Рашидов¹

1-Национальный университет Узбекистана

2-Астрономический институт АН РУз.

Гравитационное линзирование является уникальным инструментом при изучении распределения массы в линзе, структуры линзированного источника, так же как и геометрии Вселенной. Однако любой существенный вклад в решение этих проблем требует непрерывных и подробных исследований каждой известной гравитационно линзированной системы. Одним из примеров такого рода является длительное исследование гравитационно линзированного квазара - H1413+117, также известный как "Клеверный Лист", спектр которой сначала наблюдался [1,2]. Позже стало очевидным, что этот объект является на самом деле линзированным квазаром, показывающий четыре изображения [3]. Этот источник относительно отдален ($z \approx 2.55$), и его яркость классифицирует его как очень яркий квазар $M_v < -29$ и $m_v \sim 17$, в то время как его спектр показывает наличие широких линий поглощения. Четыре линзированных изображения показывают почти симметрическую конфигурацию, максимальное угловое разделение между ними равно 1.36 arcsec. Но природа линзирующего тела все еще остается открытой.

На основе сравнения результатов оптических и радио-наблюдений выяснилось, что потоки компонентов A, B и C меняются параллельно и почти одновременно. А с другой стороны, самый слабый компонент D показал дополнительные вариации блеска помимо глобального тренда, что было первыми доказательством наличия микролинзирования в данной системе [4]).

Авторы работы [4] нашли новые признаки микролинзирования компонента D и показали, что это изображение показывает значительно отличающиеся от трех других свойства поляризации. Дальнейшие наблюдения подтвердили активное влияние микролинзирования на поведение компоненты D, переменность которой длится, по крайней мере, в течение нескольких лет. Кроме того, микролинзирующая компонента D показывает и цветные изменения [5].

Наблюдательные данные H1413+117 были собраны в период между 2001 и 2008 по программе мониторинга квазаров, выполненной на Майданакской обсерватории. ПЗС изображения были получены на 1.5 м. телескопе AZT-22 в Бесселевом R и V фильтрах с использованием двух различных ПЗС камер. В течение всех сезонов, кроме 2007, изображения были получены с ПЗС камерой SITE-005 с размером матрицы 2000×800 пикселей. Помимо этого, в 2001 и 2002 г.г. изображения были получены в длиннофокусной моде, в то время как другие были взяты в короткофокусной моде. Угловые размеры пиксела - 0.135 и 0.265 arcsec, соответственно.

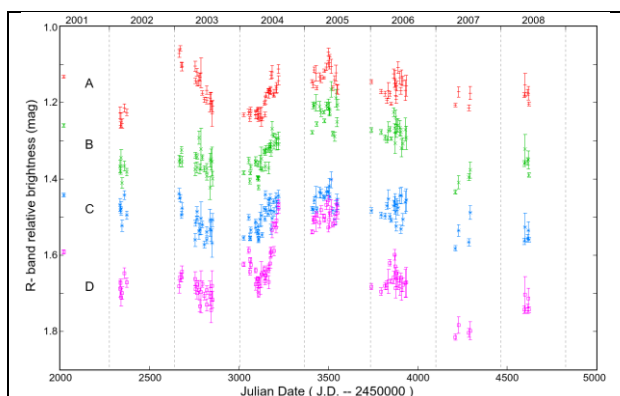


Рис. 1. Кривые блеска линзированных компонентов A, B, C, D ГЛС H1413+117 в R – фильтре.

характерно для продолжительного микролинзирования. Это особенно заметно по наклонам относительно кривых блеска других компонент в начале и в конце события. В этот период было зафиксировано постепенное повышение яркости на 0.3^m относительно вариаций яркости других изображений [7].

Можно предположить, что микролинзой является какой-либо компактный объект, принадлежащий населению линзирующего объекта и излучение компоненты D (уже в качестве источника) пересекает кольцо Эйнштейна этой микролинзы. Тогда, если знать расстояние до линзы, можно оценить минимальную массу микролинзы.

Масса микролинзы связана с угловым размером кольца Эйнштейна:

$$\theta = \sqrt{\frac{4GM}{c^2} \frac{D_{LS}}{D_L D_S}}$$

где G – это гравитационная постоянная, c – скорость света, D_S – расстояние до источника, D_L – до линзы и D_{LS} – между линзой и источником соответственно, M – масса линзы. Так как микролинза, предположительно, входит в состав населения галактики-линзы и движется по орбите вокруг ядра – она имеет некую скорость v , которая соответствует дисперсии скоростей в этой галактике, значение которой так же не известно. Но можно использовать характерное для галактик значение дисперсии ~ 200 - 600 км/с. Линейный размер кольца Эйнштейна можно выразить как:

$$R = \theta \cdot D_L = v \cdot t$$

где t – продолжительность события микролинзирования. В нашем случае продолжительность события микролинзирования примерно 2.5 года была найдена из сравнительного анализа кривых блеска компонентов A и D. Исходя из вышесказанного, массу микролинзы можно вычислить из следующей формулы:

На рис.1. представлены фотометрические кривые блеска компонентов ГЛС H1413+117 R-фильтре. Здесь можно увидеть, что показывает некоторую активную переменность с амплитудой $\approx 0.15^m$ между концом сезона 2003 и серединой 2005. В этот период яркость линзированного компонента D, достигает своего максимума и затем гладко уменьшается в течение следующих лет. Такое поведение

$$M = \frac{v^2 t^2 c^2}{4G} \frac{D_s}{D_{LS} D_L}$$

В недавней работе одной из соавторов [7] на основе модельного построения удалось выяснить наиболее вероятное значение красного смещения линзирующего тела, которое оказалось равным 1.95. Для вычисления расстояний на космологических расстояниях можно использовать целый ряд формул и методов, например [8,9].

Кроме того, нужно учитывать, что эти вычисления напрямую зависят от величины постоянной Хаббла. Недавно по проекту Planck Collaboration были получены надежные оценки для H_0 [10]. Согласно им, постоянная Хаббла равна $H_0 = 67.8 \pm 0.9 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$.

Оценка массы микролинзы при разных дисперсиях скоростей					
v	M_{Solar}	M_{Jupiter}	v	M_{Solar}	M_{Jupiter}
200	0.0019	2.0047	250	0.0030	3.1324
300	0.0043	4.5106	350	0.0059	6.1394
400	0.0077	8.0188	450	0.0097	10.1489
500	0.0120	12.5295	550	0.0145	15.1606
600	0.0172	18.0424	650	0.0202	21.1748

Как видно данных таблицы, оценочная масса микролинзы очень сильно (по квадратичному закону) зависит от дисперсии скоростей в линзирующем теле. Получается, что минимальная возможная масса микролинзы равна 2 массам Юпитера. Если принять среднюю дисперсию скоростей для далеких галактик равным примерно 450 км/сек, то возможная масса микролинзы окажется равным 10 массам Юпитера.

Литература

1. Hazard C., Morton D.C., Terlevich R., McMahon R., AJ, 1984, 282,33-52
2. Drew J.E., Boksenberg A., MNRAS, 1984, 211, 813-831
3. Magain P., Courbin F., Sohy S., AJ, 1998, 494, 472
4. Remy M., Gosset E., Hutsemékers D., Revenaz B., Surdej J. // The Clover Leaf Quasar H1413+117: New Photometric Light Curves // Astrophysical applications of gravitational lensing: proceedings of the 173rd Symposium of the International Astronomical Union; held in Melbourne; Australia; 9-14 July; 1995. Edited by C. S. Kochanek and Jacqueline N. Hewitt. International Astronomical Union. Symposium no. 173; Kluwer Academic Publishers; Dordrecht, p.261 (1996IAUS..173..261R)
5. Chae K.-H., Turnshek D.A., Schulte-Ladbeck R.E., et al., AJ, 2001, 561, 653-659
6. Hutsemékers D., Borguet B., Sluse D., et al., A&A, 2010, 519, id.A103, 14 pp
7. Akhunov T.A., Wertz O., Elyiv A., Gaisin R., Artamonov B.P., Dudinov V.N., Nuritdinov S.N. Adaptive PSF fitting - a highly performing photometric method and light curves of the GLS H1413+117: time delays and micro-lensing effects // MNRAS, 2017, 465, p.3607-3621
8. Eigenbrod A. Astrophysical applications of gravitationally lensed quasars: from dark matter halos to the structure of quasar accretion disks // PhD thesis, 2008
9. <http://www.astro.ucla.edu/~wright/CosmoCalc.html>
10. Planck collaboration, 2015, arXiv:1502.01589 [astro-ph.CO]