ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗАТМЕННОГО ПОЛЯРА 1RXS J184542.4+483134

В. Ю. Кочкина
Казанский (Приволжский) федеральный университет

Выполнено спектральное исследование поляра 1RXS J184542.4+483134. Проведен анализ поведения эмиссионных линий Hα, Hβ и HeI λ5876 в течение орбитального периода. Выделена эмиссионная компонента, образованная на поверхности донора из-за эффектов переизлучения. При помощи гауссиан-декомпозиции спектральных профилей найдены лучевые скорости области переизлучения на вторичной компоненте. На их основе сделана оценка массы белого карлика. Путем моделирования циклотронных спектров получено значение магнитного поля белого карлика.

DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF THE ECLIPSING POLAR 1RXS J184542.4+483134

V. Y. Kochkina
Kazan (Volga Region) Federal University

The polar 1RXS J184542.4+483134 has been studied. Dynamic spectra were constructed and the behaviour of emission lines Hα, Hβ and HeIλ5876 during the orbital period was analysed. Using a Gaussian decomposition of the spectral profiles, the radial velocities of the irradiated hemisphere of the secondary component are found. Based on this, the mass of the white dwarf is estimated and the gamma-ray velocity is determined. By simulating the cyclotron spectra, the magnetic field of the white dwarf is determined.

Введение

Катаклизмические переменные — это тесные двойные системы, состоящие из белого карлика (первичная компонента), а также звезды главной последовательности спектрального класса G-L (вторичная компонента), заполняющей свою полость Роша. В таких системах вещество со вторичной компоненты перетекает через точку Лагранжа L_1 в полость Роша первичной компоненты (рис. 1). Поляры — класс катаклизмических переменных, характеризующийся высокой (10—200 МГс) замагниченостью белого карлика, поэтому аккреционный диск не образуется, вещество выпадает в области вблизи магнитных полюсов.

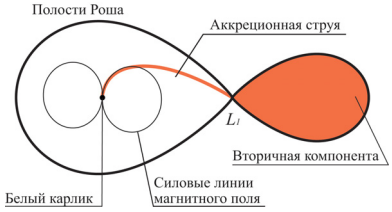

Рис. 1. Модель поляра

© Кочкина В. Ю., 2022

Описание методики и изложение результатов

Исследуемые спектры получены на телескопе БТА САО РАН с помощью спектрографа SCORPIO-2 с решеткой VPHG1200@540 21 сентября 2011 г. Всего получено 22 спектра с экспозицией 300 с в диапазоне 3 600—7 070 Å, покрывающих орбитальный период поляра. Первичная обработка и экстракция спектров проводилась в пакете обработки и анализа астрономических данных IRAF. Дальнейшая обработка спектров и расчеты были проведены с помощью написанных мною программ на `python`. Для построения кривых лучевых скоростей профили спектральных линий аппроксимировались двумя гауссианами: широкой, соответствующей аккреционной струе, и узкой, образованной благодаря эффектам переизлучения на вторичной компоненте. Поскольку она видна на фазах $\varphi = 0.4 - 0.7$, то использовались только спектры, соответствующие этим фазам. Также методом Монте-Карло были рассчитаны ошибки для лучевых скоростей эмиссионных компонент. Лучевые скорости узкой компоненты были аппроксимированы синусоидой

$$V(\varphi) = v_\gamma + K \sin 2\pi(\varphi + \varphi_0), \tag{1}$$

где v_γ — гамма-скорость; K — полуамплитуда; φ — фаза орбитального периода на момент наблюдения; φ_0 — начальная фаза. Параметры v_γ, K, φ_0 определялись путем минимизации χ^2. Также для них были рассчитаны ошибки с помощью ковариационной матрицы для линейной обратной задачи. Вычисленные для узких компонент линий Hα, Hβ и HeI λ5876 лучевые скорости и их ошибки представлены в табл. 1.

Таблица 1. Лучевые скорости узких компонент линий Hα, Hβ и HeI λ5876 для различных фаз орбитального периода φ

φ	RV, км/с	RV, км/с	RV, км/с
0.59	410 ± 5	445 ± 9	467 ± 8
0.67	239 ± 7	304 ± 7	372 ± 6
0.74	-55 ± 10	-64 ± 7	
0.82	-318 ± 7	-275 ± 5	-242 ± 14
0.90	-353 ± 6	-319 ± 9	-335 ± 11
1.63	397 ± 6	457 ± 8	393 ± 10
1.70	94 ± 7	123 ± 10	123 ± 20

Рассчитанные выше описанными методами величины гамма-скорости, полуамплитуды и начальной фазы и ошибки к ним представлены в табл. 2. На рис. 2 представлена построенная кривая лучевых скоростей с учетом найденной начальной фазы.

Таблица 2. Найденные значения v_γ, K, φ_0 и ошибки к ним для линий Hα, Hβ и HeI λ5876

Линия	v_γ, км/с	Δv_γ, км/с	K, км/с	ΔK, км/с	φ_0	$\Delta\varphi_0$
$H\alpha$	152.5	72.4	553.9	43.4	0.317	0.025
$H\beta$	219.5	92.8	579.9	60.0	0.326	0.031
$HeI\lambda5876$	120.2	92.6	530.9	40.1	0.285	0.035

Оценка массы вторичной компоненты $M_2 \approx 0.09 M_\odot$ выполнена при помощи соотношения [1]

$$\frac{M_2}{M_\odot} = 3.453 \left(\frac{P}{1^d}\right)^{\frac{5}{4}}, \tag{2}$$

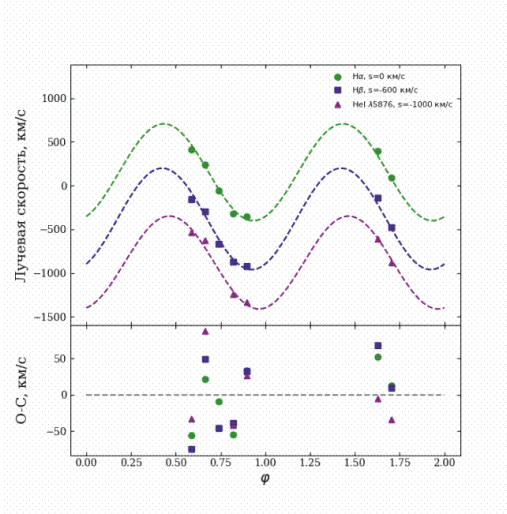

Рис. 2. Верхняя панель: кривые лучевых скоростей узких компонент линий Hα, Hβ и HeI λ5876 (для наглядности смещены по вертикали на величину s), пунктирные линии — аппроксимация синусоидой. Нижняя панель: отклонения лучевых скоростей линий от аппроксимирующей синусоиды

где P — орбитальный период.

По функции масс (3) и (4) можно оценить нижний предел массы белого карлика:

$$f(m) = 1.038 \cdot 10^{-7} P(1-e^2)^{\frac{3}{2}} K^3, \tag{3}$$

где e — эксцентриситет орбиты системы. В данном случае $e = 0$, так как произошла циркуляризация орбиты. Также

$$f(m) = \frac{M_1^3 \sin^3 i}{(M_1 + M_2)^2}, \tag{4}$$

где M_1 и M_2 — массы первичной и вторичной компоненты соответственно; i — наклон орбиты системы, принят за 90° в первом приближении, так как в системе наблюдается затмение.

По формулам (3) и (4) получаем нижний предел для массы белого карлика $M_1 \approx 1.13\, M_\odot$.

Моделирование циклотронных спектров (рис. 3) проводилось в соответствии с методикой, описанной в [2]. При средней температуре аккреционных пятен $T \approx 10$ кэВ определено магнитное поле белого карлика $B = 35.4$ МГс.

Заключение

Для поляра 1RXS J184542.4+483134 построены кривые лучевых скоростей узких компонент эмиссионных линий Hα, Hβ и HeI λ5876. На их основе сделана оценка масс компонент $M_2 \approx 0.09 M_\odot$, $M_1 \approx 1.13 M_\odot$. Путем моделирования циклотронного спектра оценена напряженность магнитного поля белого карлика $B = 35.4$ МГс.

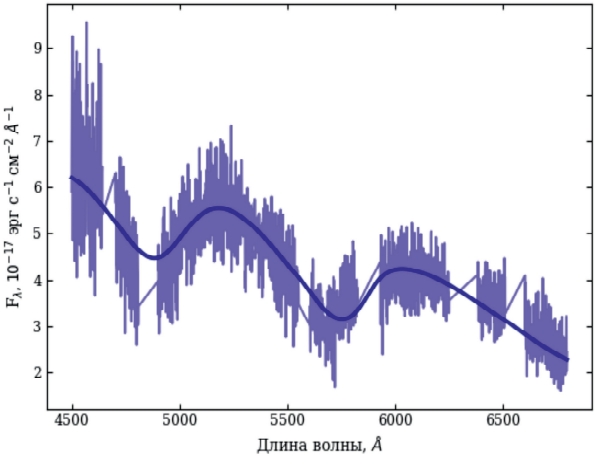

Рис. 3. Циклотронный спектр поляра 1RXS J184542.4+483134 (светло-фиолетовая линия) в сравнении с модельным спектром (темно-синяя линия)

Библиографические ссылки

[1] *Warner B.* Cataclysmic variable stars. — Camb. Astrophys, 1995. — Vol. 28.

[2] *Kolbin A. I., Serebryakova N. A., Gabdeev M. M., Borisov N. V.* Analysis of the Optical Cyclotron Emission of Polar CRTS CSS081231 J071126+440405 // Astron. Bull. — 2019. — Vol. 74, iss. 1. — P. 80—92.