ON THE LIGHT AND COLOUR-VARIATION OF P CYGNI

N. L. MAGALASHVILI AND E. K. KHARADSE

(Summary)

Measurements with a photocell and light filters revealed the light— and colour—variation of P Cygni that took place in several periods of 1951—1955.

The light curves corresponding to $\lambda eff = 375$ and 520 mμ are represented in figs. 1—5.

December, 1955.

ЛИТЕРАТУРА

1. Харадзе Е. К., Никонов В. Б., Куликовский П. Г., The observatory **49**, № 724, 88, 1936.
2. Никонов В. Б., Бюлл. Абастум. астрофиз. обс. № 1, 35, 1937.
3. „ Бюлл. Абастум. астрофиз. обс. № 2, 23, 1938.
4. „ Бюлл. Абастум. астрофиз. обс. № 14, 68, 1953.
5. Фишкова Л. М., Сообщения АН Груз. ССР, **16**, № 9, 685, 1955.
6. „ Бюлл. Абастум. астрофиз. обс. № 19, 8, 1955.
7. Харадзе Е. К., Магалашвили Н. Л., Мегрелишвили Т. Г., Перемен. зв. **9**, № 2 (80), 150, 1952.
8. Герасимович Б. П., Bull. Harv. obs. No. 852, 1927.
9. Beals C. S., Publ. Vict. Dom. astrophys. obs. **9**, № 1, 1951.
10. Купо И. Д., Астроном. циркуляр АН СССР № 163, 23—25, 1955.
11. Долидзе М. В., Спектрофотометрия ряда звезд типов Вольф—Райе, *Be* и *P* Лебедя. Автореферат кандидатской диссертации, 1955.
12. Амбарцумян В. А., Маркарян Б. Е., Сообщ. Бюракан. астрофиз. обс., вып. II 1949.

აბასთუმნის ასტროფიზიკური ობსერვატორიის ბიულეტენი № 20, 1956
БЮЛЛЕТЕНЬ АБАСТУМАНСКОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ № 20, 1956

ЭЛЕКТРОФОТОМЕТРИЯ СПЕКТРАЛЬНО-ДВОЙНОЙ ЗВЕЗДЫ BD+39° 811

Н. Л. МАГАЛАШВИЛИ, Я. И. КУМСИШВИЛИ, Н. А. РАЗМАДЗЕ

В 1950 году в Абастуманской астрофизической обсерватории, по предложению проф. Д. Я. Мартынова, были начаты регулярные фотоэлектрические исследования блеска спектрально-двойных звезд. Целью исследований являлось обнаружение возможной затменности звезд хотя бы в малой степени, что могло бы проявиться в виде незначительного изменения блеска, доступного для обнаружения фотоэлектрическим методом.

Звезды для наблюдений выбраны по IV и V каталогам спектрально-двойных звезд Мура [1, 2].

Спектрально-двойная звезда BD+39° 811, являющаяся одним из наблюденных нами объектов, изучалась спектроскопически Херпером [3], который вывел для нее следующие элементы:

$P = 0^{d}.9171877$,
$e = 0$,
$\gamma = +2.723$ км/сек.,
$K = 95.661$ км/сек.,
$T = 2400000^{d}.3137$,
$a \sin i = 1206500$ км.

Здесь P—период, e—эксцентриситет орбиты, γ—лучевая скорость центра тяжести системы, K—колебания лучевых скоростей одной звезды относительно другой, i—наклонение плоскости орбиты к плоскости, перпендикулярной к лучу зрения, a—большая полуось относительной орбиты, T—начальная эпоха.

Фотоэлектрические наблюдения блеска этой звезды были начаты нами в 1950 году и окончены в 1955 году. Первые тестировочные наблюдения ее проводились в моменты ожидаемых максимума и минимума блеска, т. е. при спектроскопических фазах, соответствующих наибольшей и наименьшей лучевым скоростям. После того как было подмечено изменение блеска, наблюдения были распространены на остальные фазы периода. При наблюдениях звездой сравнения служила BD+40° 772, расположенная недалеко от BD+39° 811 и имеющая близкий к ней спектральный класс. Это давало возможность точно учитывать влияние земной атмосферы на измеряемую разность блеска этих двух звезд.

Наблюдения BD+39° 811 велись на 33-см рефлекторе, в нэсмитовском фокусе которого расположен электрофотометр. Сперва для наблюдений применялся электрофотометр, снабженный сурьмяно-цезиевым фотоэлементом, под конец—наблюдения проводились электрофотометром с сурьмяно-цезиевым фотоумножителем. Спектральные чувствительности как фотоэлемента, так и фотоумножителя измерены лабораторным путем. Как лабораторные измерения, так и проведенная в дальнейшем проверка по звездам показали, что спектральные чувствительности фотоэлемента и

фотоумножителя близки друг к другу; в основном они отличаются, и то незначительно, в фиолетовом участке спектра.

Методика наблюдений и их обработки была аналогичной применяемой в Абастуманской обсерватории при наблюдениях звезд с помощью электрофотометра [4].

Всего было получено 76 оценок разности блеска BD+39° 811 и и BD+40° 772. Результаты наблюдений приведены в таблице 1, в которой последовательно даны юлианский гелиоцентрический момент наблюдения, фаза, разности блеска звезды сравнения и переменной звезды. В графе «примечание» указаны различные факторы, влияющие на качество наблюдений (облака, стабильность показаний гальванометра и др.).

Таблица 1

$JD_{\odot}$	φ	Δm	Примечание	$JD_{\odot}$	φ	Δm	Примечание
2433617.226	0ᵖ.883	0ᵐ.760		2435396.358	0ᵖ.651	0ᵐ.804	
242	900	757		363	656	792	
261	921	743		369	663	793	
272	933	769		373	667	807	
284	941	767		380	675	793	
291	954	768		386	699	808	
317	982	780		407.473	769	819	
329	995	777		479	776	812	
619.213	049	754	Нестабильность гальванометра	483	784	813	
				487	785	801	
226	062	766		490	788	812	
34652.387	508	740		499	798	817	
397	519	747		504	803	814	
405	525	758		508	808	812	
664.385	589	760		512	812	806	
394	601	745	У горизонта на юге облака	516	816	814	
				527	828	804	
407	613	760		530	832	798	
693.365	282	788		534	836	798	
375	293	790		538	840	793	
395	313	784		552	856	787	
401	322	791		555	859	791	
438	362	796		559	863	787	
449	376	784		427.211	290	819	
494	424	771		216	296	813	
504	434	772		220	301	793	
803.230	970	766		224	304	803	
236	976	750		233	313	805	
253	986	767		238	318	790	
806.264	278	796		243	325	800	
278	293	812		258	341	789	
291	307	788		266	350	773	
35068.209	874	777		291	377	782	
218	883	762		294	380	795	
089.156	802	783		447.229	115	808	
164	811	783		234	120	788	
180	828	786		238	125	777	Наблюдения прерваны, цирусы
188	837	780					
201	851	768					
208	856	770					
222	874	766					

По наблюдениям обнаружено периодическое изменение блеска BD+39° 811 с амплитудой в 0.05 зв. величины.

Первоначально мы вычисляли фазы по элементам:

$$M = 2433617^{d}.317 + 0^{d}.9171877\,E,$$

где $0^{d}.9171877$—период орбитального движения спектрально-двойной звезды, определенный Херпером.

Вид кривой блеска говорит о наличии эффекта эллипсоидальности компонентов без затмения.

Для нахождения фактора эллипсоидальности ζ мы применили формулу:

$$\left(\frac{l}{L}\right)^2 = 1 - \zeta\cos^2(\theta - \theta_0),$$

где L блеск в максимуме, θ долгота в орбите.

Здесь подразумевается, что начальная эпоха M_0 требует исправления.

Если обозначим $\Delta m_{max} = M$, то получим

$$\Delta m - M = 2.5\lg\frac{l}{L},$$

а отсюда

$$\frac{l}{L} = 10^{0.4(\Delta m - M)} \quad \text{или} \quad \left(\frac{l}{L}\right)^2 = 10^{0.8\Delta m}\cdot 10^{-0.8M}.$$

Обозначив

$$10^{0.8\Delta m} = a, \quad 10^{-0.8M} = t$$

будем иметь:

$$at = 1 - \zeta\cos^2(\theta - \theta_0).$$

Обозначив $\sin\theta_0 = s$, получим

$$\cos\theta_0 = \sqrt{1 - s^2}.$$

Разложение $\cos^2(\theta - \theta_0)$ и соответствующая подстановка дают:

$$\frac{\zeta s^2 - 1}{t} + \frac{\zeta(1 - 2s^2)}{t}\cos^2\theta + \frac{\zeta s\sqrt{1 - s^2}}{t}\sin 2\theta = -a.$$

или

$$X + Y\cos^2\theta + Z\sin 2\theta = -a, \tag{1}$$

где

$$X = \frac{\zeta s^2 - 1}{t}, \qquad Y = \frac{\zeta(1 - 2s^2)}{t}, \qquad Z = \frac{\zeta s\sqrt{1 - s^2}}{t}. \tag{2}$$

Уравнение (1) дает возможность одновременного определения фактора эллипсоидальности, поправки начальной эпохи, блеска в максимуме и их ошибок. Действительно θ_0, ζ и t находятся из соотношений:

$$\operatorname{tg} 2\theta_0 = \frac{2Z}{Y}, \qquad \frac{\zeta}{t} = \frac{Y}{\cos 2\theta_0}, \qquad \frac{1}{t} = \frac{Z}{t}\sin^2\theta_0 - X,$$

а ошибки искомых неизвестных находятся из формул:

$$m_{\theta_0} = \frac{1}{2}\cos^2 2\theta_0\, m_{\operatorname{tg} 2\theta_0},$$

$$m_M = 0.538\frac{m_t}{t},$$

$$m_{\Delta M_0} = \frac{P}{2\pi} m_{\theta_0}.$$

фотоумножителя близки друг к другу; в основном они отличаются, и то незначительно, в фиолетовом участке спектра.

Методика наблюдений и их обработки была аналогичной применяемой в Абастуманской обсерватории при наблюдениях звезд с помощью электрофотометра [4].

Всего было получено 76 оценок разности блеска BD+39° 811 и и BD+40° 772. Результаты наблюдений приведены в таблице 1, в которой последовательно даны юлианский гелиоцентрический момент наблюдения, фаза, разности блеска звезды сравнения и переменной звезды. В графе «примечание» указаны различные факторы, влияющие на качество наблюдений (облака, стабильность показаний гальванометра и др.).

Таблица 1

$JD_\odot$	φ	Δm	Примечание	$JD_\odot$	φ	Δm	Примечание
2433617.226	0ᵖ.883	0ᵐ.760		2435396.358	0ᵖ.651	0ᵐ.804	
242	900	757		363	656	792	
261	921	743		369	663	793	
272	933	769		373	667	807	
284	941	767		380	675	793	
291	954	768		386	699	808	
317	982	780		407.473	769	819	
329	995	777		479	776	812	
619.213	049	754	Нестабильность гальванометра	483	784	813	
226	062	766		487	785	801	
34652.387	508	740		490	788	812	
397	519	747		499	798	817	
405	525	758		504	803	814	
664.385	589	760		508	808	812	
394	601	745	У горизонта на юге облака	512	812	806	
407	613	760		516	816	814	
693.365	282	788		527	828	804	
375	293	790		530	832	798	
395	313	784		534	836	798	
401	322	791		538	840	793	
438	362	796		552	856	787	
449	376	784		555	859	791	
494	424	771		559	863	787	
504	434	772		427.211	290	819	
803.230	970	766		216	296	813	
236	976	750		220	301	793	
253	986	767		224	304	803	
806.264	278	796		233	313	805	
278	293	812		238	318	790	
291	307	788		243	325	800	
35068.209	874	777		258	341	789	
218	883	762		266	350	773	
089.156	802	783		291	377	782	
164	811	783		294	380	795	
180	828	786		447.229	115	808	
188	837	780		234	120	788	
201	851	768		238	125	777	Наблюдения прерваны, цирусы
208	856	770					
222	874	766					

По наблюдениям обнаружено периодическое изменение блеска BD+39° 811 с амплитудой в 0.05 зв. величины.

Первоначально мы вычисляли фазы по элементам:

$$M = 2433617^{d}.317 + 0^{d}.9171877\,E,$$

где $0^{d}.9171877$—период орбитального движения спектрально-двойной звезды, определенный Херпером.

Вид кривой блеска говорит о наличии эффекта эллипсоидальности компонентов без затмения.

Для нахождения фактора эллипсоидальности z мы применили формулу:

$$\left(\frac{l}{L}\right)^2 = 1 - z\cos^2(\theta - \theta_0),$$

где L блеск в максимуме, θ долгота в орбите.

Здесь подразумевается, что начальная эпоха M_0 требует исправления.

Если обозначим $\Delta m_{max} = M$, то получим

$$\Delta m - M = 2.5 \lg \frac{l}{L},$$

а отсюда

$$\frac{l}{L} = 10^{0.4(\Delta m - M)} \quad \text{или} \quad \left(\frac{l}{L}\right)^2 = 10^{0.8\Delta m} \cdot 10^{-0.8M}.$$

Обозначив

$$10^{0.8\Delta m} = a, \quad 10^{-0.8M} = t$$

будем иметь:

$$at = 1 - z\cos^2(\theta - \theta_0).$$

Обозначив $\sin\theta_0 = s$, получим

$$\cos\theta_0 = \sqrt{1 - s^2}.$$

Разложение $\cos^2(\theta - \theta_0)$ и соответствующая подстановка дают:

$$\frac{zs^2 - 1}{t} + \frac{z(1 - 2s^2)}{t}\cos^2\theta + \frac{zs\sqrt{1 - s^2}}{t}\sin 2\theta = -a.$$

или

$$X + Y\cos^2\theta + Z\sin 2\theta = -a, \tag{1}$$

где

$$X = \frac{zs^2 - 1}{t}, \qquad Y = \frac{z(1 - 2s^2)}{t}, \qquad Z = \frac{zs\sqrt{1 - s^2}}{t}. \tag{2}$$

Уравнение (1) дает возможность одновременного определения фактора эллипсоидальности, поправки начальной эпохи, блеска в максимуме и их ошибок. Действительно θ_0, z и t находятся из соотношений:

$$\operatorname{tg} 2\theta_0 = \frac{2Z}{Y}, \quad \frac{z}{t} = \frac{Y}{\cos 2\theta_0}, \quad \frac{1}{t} = \frac{Z}{t}\sin^2\theta_0 - X,$$

а ошибки искомых неизвестных находятся из формул:

$$m_{\theta_0} = \frac{1}{2}\cos^2 2\theta_0\, m_{\operatorname{tg} 2\theta_0},$$

$$m_M = 0.538\frac{m_t}{t},$$

$$m_{\Delta M_0} = \frac{P}{2\pi} m_{\theta_0}.$$

Такой путь решения задачи нам указал А. Ф. Торонджадзе, за что выражаем ему благодарность.

Способом наименьших квадратов было решено 76 уравнений вида (1) и для неизвестных получены следующие значения:

$$X = -4.4230 \pm 0.0276,$$
$$Y = 0.3828 \pm 0.0451,$$
$$Z = 0.0444 \pm 0.0194.$$

По ним получаем значения искомых неизвестных:

$$Z = 0.089,$$
$$\Delta m_{max} = M = 0.808,$$
$$\theta_0 = 6^{\circ}.31.$$

В соответствии с указанным значением θ_0, $\varphi_0 = 0.018$, откуда получаем поправку начальной эпохи $\Delta M_0 = 0^{d}.016$. Фазы, приведенные в таблице I, вычислены с учетом этой поправки.

Таким образом, окончательно имеем:

$$z = 0.089 \pm 0.017,$$
$$\Delta m_{max} = 0.808 \pm 0.000,$$
$$\Delta M_0 = 0^{d}.016 \pm 0.022,$$
$$M_0 = 2433617^{d}.333.$$

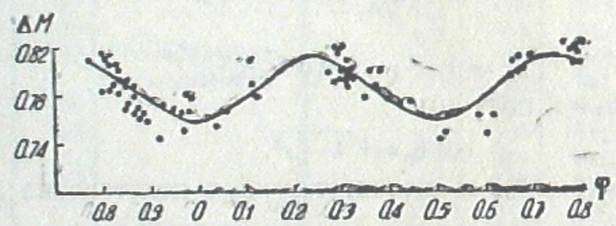

Рис. 1

На рис. I приведены индивидуальные наблюдения BD+39° 811 и теоретическая кривая, построенная на основе полученных значений неизвестных. Как видим, теоретическая кривая хорошо проходит среди индивидуальных наблюдений.

Таким образом, звезда BD+39° 811 принадлежит к немногочисленной группе эллиптических звезд.

Декабрь, 1955 г.

PHOTOELECTRIC OBSERVATIONS OF SPECTROSCOPIC BINARY BD+39°811

N. L. MAGALASHVILI, J. J. KUMSISHVILI, N. A. RAZMADSE

(Summary)

76 photoelectric observations of the spectroscopic binary BD+39° 811 were obtained.

A light variation with the amplitude $0^{m}.05$ and period $0^{d}.9171877$ was detected.

The analysis of the light curve revealed the effect of the ellipticity of components without the eclipse phenomena, the factor being 0.089.

Hence, the star BD+39°811 belongs to the very limited number of ellipsoidal stars.

December, 1955.

ЛИТЕРАТУРА

1. Moore, J. H., Lick Obs. Bull., 18, № 483, 1936
2. „ Lick Obs. Bull., 20, № 521, 1948
3. Harper W. E., Victoria Obs. Publ., 4, № 12, 1935
4. Магалашвили Н. Л., Бюлл. Абастум. астрофиз. обсерв. № 10, 1, 1949.