

Переменные звезды 20, 588–595, 1978
Variable Stars 20, 588–595, 1978

Нестационарность в двойных разделенных системах главной последовательности с компонентами солнечного типа. III.

FL Лиры

Р.А. Боцула

На кривой блеска наблюдается падение блеска у вторичного минимума, которое можно истолковать как происходящее от ослабления света спутника диффузной материей, расположенной между компонентами, ближе к спутнику. Если ослабляющим агентом считать свободные электроны, плотность этой материи будет 10^{12} . На кривой блеска видны также эпизодические ослабления до $0^m.04 - 0^m.05$ продолжительностью около 2^h , по-видимому не связанные с диффузной средой. Возможные колебания блеска ($A \approx 0^m.04$, $P \approx 1^h.5 - 3^h$) нуждаются в подтверждении. Определены элементы орбиты и абсолютные элементы по кривой блеска Кристалды (Кристалды, 1965) при исключении пертурбации во вторичном минимуме. Третье тело отсутствует. Спутник в четыре раза слабее главной звезды. Систему желательно наблюдать в разных цветах и с меньшей, чем у Кристалды, диафрагмой поля для выявления цветовой зависимости пертурбаций и их продолжительности, а также для исключения возможного влияния звезд поля.

Instability in Detached Binary Systems of Main Sequence with Solar Type Components. III. FL Lyrae.

by R.A. Botsula

The well detached binary FL Lyrae has light curve peculiarities that could be explained by some diffuse matter near the secondary star. The cloud density is 10^{12} adopting that the light loss is due to electron scattering. Also some episodic light drops with the amplitude $0^m.04 - 0^m.05$ and duration about 2^h take place sometimes. These drops cannot be explained by the diffuse matter hypothesis. Possible light oscillations ($A \approx 0^m.02 - 0^m.04$, $P \approx 1^h.5 - 3^h$) have yet to be confirmed. Orbital and absolute elements were derived using Cristaldi's light curve. The perturbation in the secondary minimum was eliminated. The luminosity of the primary star is four times that of the secondary. The third light was not found. It is desirable to observe this system in several colours and with a small diafragm diameter in order to reveal the time and colour dependence of the light curve perturbation and to eliminate the effect of background stars.

По сравнению с другими разделенными системами с компонентами солнечного типа, — UV Leo, BH Vir, ER Vul, — FL Lyrae имеет значительно больший период — около $2^{\text{d}}.18$. Можно думать, что различие расстояний между компонентами позволит отделить тип нестационарности, возникающий из-за близости компонент, от типа, присущего самим звездам, хотя этот последний может быть также связан с расстоянием между ними.

К сожалению, есть лишь одна фотометрическая кривая блеска FL Lyrae и только в желтых лучах, полученная Кристалди (1965), поэтому нельзя проследить цветовую зависимость возможных пертурбаций. Однако, наблюдений много, они растянуты на длительное время, что до некоторой степени восполняет отсутствие другого материала.

Компоненты FL Lyrae так далеки друг от друга, что не наблюдается эффект эллипсоидальности. Эффекта отражения тоже нет. В то же время кривая блеска имеет особенности, которые наводят на мысль о нестационарности в системе.

Деформации кривой блеска и их возможное объяснение.

На рис. 1 показана нормальная кривая блеска между минимумами. Видно, что вход во вторичный минимум лежит ниже выхода на

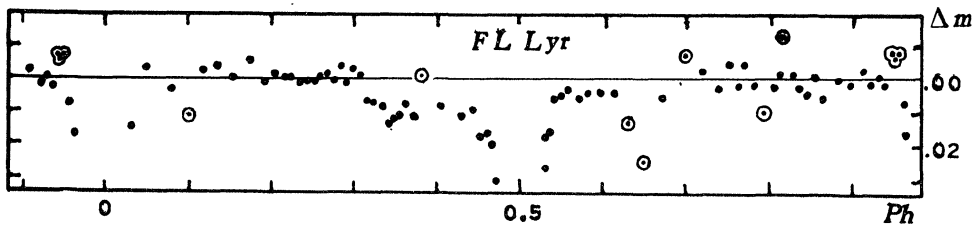


Рис. 1. Нормальная кривая блеска между минимумами.

$0^{\text{m}}.01$ и они оба — ниже уровня главного минимума, что при разложении блеска на этих фазах в ряд Фурье является причиной обратного эффекта фазы. Детальное рассмотрение всех наблюдений во вторичном минимуме обнаружило неустойчивость его формы. Полностью минимум пронаблюден в две ночи, в другие ночи есть лишь отдельные ветви. Минимум при JD 2438209 уже минимума при JD 2438257 и опущен на $0^{\text{m}}.05$. При JD 2438220, 222, 244 затмения бо-

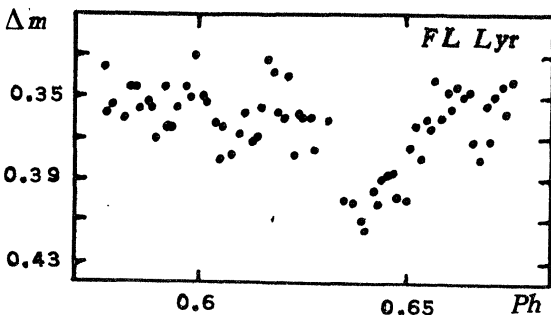


Рис. 2. Одно из ослаблений, продолжительность $\sim 2^{\text{h}}$.

лее сходны с JD 2438209, но располагаются на одном уровне с JD 2438257 по блеску. Выход из минимумов 220,244,255 постепенно понижается, а у 257 вся восходящая ветвь лежит несколько ниже других. В главном минимуме вход положе, выход — круче.

В три ночи на кривой блеска заметны ослабления длительностью около 2^h и глубиной в $0.^m04 - 0.^m05$ (рис. 2). Одно из них как раз пришлось на вторичный минимум JD 2438209 и опустило его, два другие — вне минимумов.

Наблюдения вне затмений иногда идут волнами с периодом около $1.^h5 - 3^h$ и амплитудой $0.^m02 - 0.^m04$, но эта волнистость не носит регулярного характера. Отдельные ночи смещаются относительно друг друга на величину до $0.^m02$. Хотя это изменение уровня может продержаться два цикла, закономерности этих смещений нет, и нет оснований относить их к изменениям в блеске системы, как нет оснований и отвергать этот тезис.

Для выноса наблюдений за атмосферу использовался средний коэффициент ослабления, однако Кристалди пишет, что дифференциальные поправки не превышали $0.^m001$, так что фокусы атмосферной прозрачности в колебаниях блеска не должны были сыграть заметной роли.

Кристалди также отметил, что при наблюдениях переменной в диафрагму попадала слабая звезда поля и отсчет производился по максимальному отбросу. В этом случае переменность этой звезды могла сказаться на наблюдениях, но мы не можем судить, так ли это, потому что не знаем ни блеска, ни цвета этой звезды. В то же время, мы не знаем и такого типа переменности, где временами появлялись бы волны, а временами — двухчасовые провалы в блеске более $0.^m2$ (если звезда поля лишь на 1^m слабее переменной).

На рис. 1 большие отскоки точек вниз соответствуют местам глубоких ослаблений, а рассеяние после вторичного минимума связано с волнистостью, хотя в нормальной кривой все эффекты несколько сглажены наблюдениями других ночей. Кружками обведены точки, положение которых зависит лишь от смещения наблюдений одной ночи.

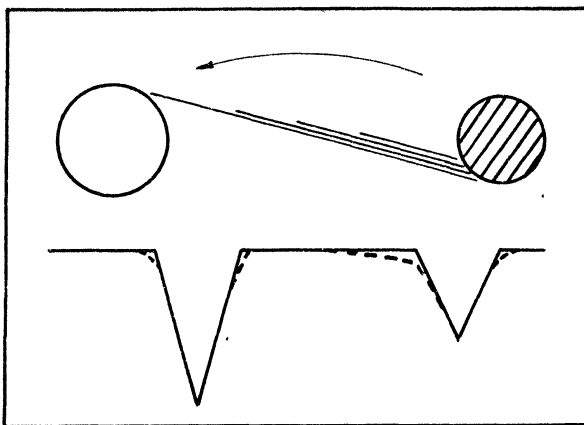


Рис. 3. Расположение диффузного образования на плане системы. Спутник заштрихован. Стрелкой показано направление орбитального вращения.

Понижение блеска около вторичного минимума нельзя объяснить переменностью звезды поля. Его существование наводит на мысль, что в системе имеется относительно устойчивое диффузное образование около спутника. Оно асимметрично искажает и форму вторичного затмения в верхней его трети. Оно же несколько закругляет вход в главный минимум. На рис. 3 представлена схема расположения диффузного образования на плане системы, а на рис. 4 — нормальная

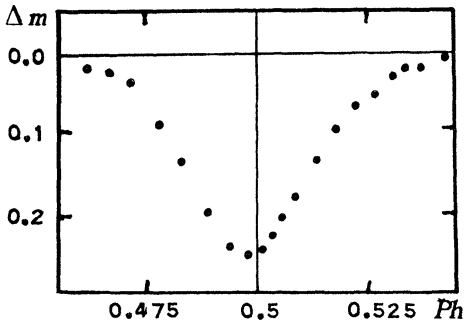


Рис. 4. Нормальная кривая блеска вторичного минимума.

кривая вторичного минимума. Перегнув последний график по оси Δm , можно видеть, что нижние две трети ветвей прекрасно согласуются между собой, а дальше ветви расходятся. Если учесть, что вход в минимум еще и опущен ослаблением, расхождение будет еще больше. Даже подъем всей нисходящей ветви на величину ослабления не ликвидирует смещения середины минимума, то есть в системе существует реальный эксцентриситет орбиты. Величина смещения равна -0.0018 .

Расчет необходимой для наблюдаемого ослабления блеска плотности диффузной материи производился по формуле:

$$n = \frac{N}{S} = \left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) \frac{\Delta(L_1 + L_2)}{(L_1 + L_2)} \cdot \frac{1}{\sigma}, \text{ где } \alpha = \frac{L_2}{L_1}.$$

N — число ослабляющих частиц на луче зрения, S — протяженность диффузного образования по лучу зрения, $L_{1,2}$ — блеск главной звезды и спутника соответственно, σ — коэффициент ослабления, рассчитанный на 1 частицу. В предположении, что ослабляющим агентом, по аналогии с $VN\ Vir$ (Б о ц у л а, 1978), являются свободные электроны, плотность частиц получается порядка 10^{12} , равной плотности у основания солнечной хромосферы. Такого порядка величину мы нашли и у $VN\ Vir$ (Б о ц у л а, 1978). Но $VN\ Vir$ весьма тесная система и там, возможно, и могла образоваться столь высокая плотность, для $FL\ Lyrae$ же такое объяснение вряд ли реально. Условия для возникновения пылевой компоненты в межзвездном пространстве двойной системы хуже, чем у одиночных звезд, хотя материал для конденсации там найти, по-видимому, легче. В данном случае этот вопрос не имеет смысла обсуждать, поскольку цветовая зависимость ослабления неизвестна, однако и узнав ее, мы вряд ли получим меньшую плотность диффузной среды.

Ослабления блеска до 0.05^m не могут быть объяснены проходящими на фоне диска звезды облаками, ибо в таких облаках плотность была бы еще в несколько раз больше. Скорее, здесь имеет место потемнение на самой поверхности звезды.

Волнистость не связывается с диффузной компонентой, так как она видна в то время, когда эта материя не проектируется на диск звезды. Связать волны с поверхностью звезд оснований пока тоже нет. Нужно подтвердить их существование.

Желательно пронаблюдать эту систему в разных лучах, чтобы выявить зависимость от времени и цвета ослабления блеска у вторичного минимума и реальность двухчасовых потемнений и волн вне затмений. Наблюдения должны быть сделаны с диафрагмой меньше $1''$, чтобы исключить попадание в нее слабых звезд.

Определение элементов орбиты.

Было решено определить элементы орбиты по кривой Кристалды более точным машинным методом, преследуя цель проверить существование третьего тела столь большого блеска (0.336), учесть эксцентриситет орбиты и форму кривой блеска вне минимумов. Поскольку в одну ночь во вторичном минимуме блеск был ослаблен, в результате чего минимум углубился и деформировался, элементы найдены также и по кривой, из которой была исключена часть наблюдений (JD 2438194–214). Эта кривая обозначена б/п (без пертурбаций). В таблице 1 приведены коэффициенты разложения в ряд Фурье блеска между затмениями для обеих кривых.

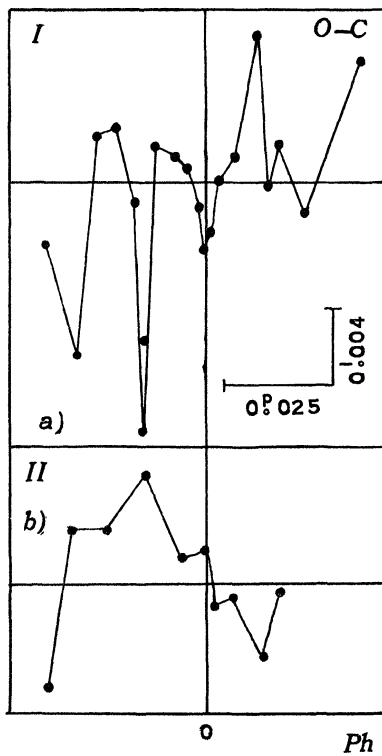


Рис. 5. Отклонения нормальных точек от теоретической кривой б/п для главного (а) и вторичного (в) минимумов.

Эффекты очень малы, а коэффициент при $\cos \theta$ положителен. Ректификация была сделана с теоретическим эффектом фазы, а остаток члена при $\cos \theta$ просто вычитался как пертурбация. В остальном кривая ректифицировалась по Ресселу—Меррилу.

Решение производилось методом Лаврова на ЭВМ "НАИРИ—К" (Лавров, 1976), а затем уточнялось методом дифференциальных поправок. Поправки к e и ω не определялись. Величины x_1 и x_2 подбирались по наименьшей сумме $(O-C)^2$. Четыре последние точки на восходящей ветви вторичного минимума исключались. Оказалось, что полная кривая требует 8% добавочного света, а кривая б/п решается без третьего света. В таблице 2 дана кривая б/п в минимумах, в таблице 3 — элементы по решениям обеих кривых, а в таблице 4 — абсолютные элементы, выведенные по элементам из решения кривой б/п с помощью спектральной орбиты Струве и др., 1950. Для сравнения приведены абсолютные элементы Кристалды. Масса спутника в обоих случаях определялась одинаково.

во — согласно закону:

$$\frac{L_2}{L_1} = \left(\frac{M_2}{M_1} \right)^{3.9}$$

На рис. 5 а и б приведены отклонения наблюдаемых точек от теоретической кривой блеска главного и вторичного минимума.

В противоположность решению Кристалды, по обеим кривым большая звезда получилась массивнее и ярче. Масса и плотность спутника меньше. Спутник не в два, а в четыре раза слабее главной звезды и, если последняя имеет спектр G 0, согласно Мак-Ре (1952), спектр спутника, выведенный по радиусу и Δm , получается K1 — K2; если же спектр главной звезды G5 (Струве и др., 1950), то у спутника K2 — K3. Для своих спектров обе компоненты имеют пониженные плотности. У главной звезды и масса и радиус больше, чем требуется по спектру.

Сходные с нашими элементы приводятся в каталоге Свечникова (1969), но как они были получены, не написано.

Заключение.

Широко разделенная система FL Lyr имеет деформации кривой блеска, которые можно истолковать как происходящие от ослабления блеска диффузной материей, расположенной вблизи спутника. Плотность ее должна быть порядка 10^{12} , если ослабляющим агентом считать свободные электроны.

На кривой блеска наблюдаются эпизодические ослабления до $0^m.04 - 0^m.05$ продолжительностью около 2^h , причиной которых не может быть диффузная компонента. Возможные колебания блеска ($A \approx 0^m.04, P \approx 1^h.5 - 3^h$) нуждаются в подтверждении. Третьего тела в системе не существует.

Систему желательно наблюдать для выяснения цветовой и временной зависимости деформаций кривой блеска, а также исключения влияния попадания в диафрагму слабых звезд поля.

По наличным наблюдениям нельзя решить, есть ли в системах солнечного типа нестационарность, зависящая от расстояния между компонентами, поэтому FL Lyr следовало бы наблюдать и для выяснения этого вопроса.

Кр. бл. Коефф.	Таблица 1				
	A_0	A_1	A_2	B_1	B_2
Полная	.9858 ± 5	.0046 ± 7	-.0022 ± 7	-.0001 ± 5	.0008 ± 6
б/п	-.9848 ± 4	.0029 ± 7	-.0020 ± 7	-.0010 ± 5	.0011 ± 6

Таблица 2

Φ аза· ·10 ⁴	Δ m	n	Φ аза· ·10 ⁴	Δ m	n	Φ аза· ·10 ⁴	Δ m	n	Φ аза· ·10 ⁴	Δ m	n
9638	026	11	1552	015	23	4629	029	10	7363	018	23
9689	074	11	1758	010	23	4695	034	10	7493	012	22
9746	139	11	1937	016	25	4770	081	10	7606	013	23
9791	221	10	2082	014	25	4858	151	10	7704	011	21
9822	292	10	2169	012	23	4967	217	10	7840	017	10
9854	383	11	2274	010	24	5027	212	10	7997	022	24
9885	433	10	2411	019	24	5068	188	10	8094	013	24
9915	502	11	2526	018	23	5118	152	11	8168	007	23
9947	563	11	2606	014	24	5173	101	10	8250	010	22
9980	606	11	2719	010	23	5220	068	10	8332	018	24
14	612	10	2838	013	24	5267	056	11	8410	023	23
44	578	10	2942	015	24	5307	041	11	8509	012	24
75	522	10	3021	009	24	5380	024	10	8595	021	24
107	441	10	3126	018	23	5440	019	24	8740	017	23
140	379	10	3235	021	23	5521	017	23	8884	018	22
172	300	10	3378	026	23	5616	019	24	9030	014	23
226	194	10	3481	029	24	5740	020	22	9169	017	24
337	030	10	3561	027	23	5902	018	22	9289	018	25
503	012	24	3646	025	23	6164	017	22	9387	015	24
822	019	23	3753	020	24	6437	009	20	9461	000	24
1022	027	23	3925	017	25	6913	016	23	9517	004	11
1182	013	24	4198	023	24	7186	011	24	9577	009	11
1347	010	23	4377	026	24						

Таблица 3

Элем.	Кр. бл.	
	Полная	б/п
k	0.797 ± 34	0.740 ± 51
r ₁	0.102 3	0.134 4
r ₂	0.081 3	0.099 4
i	87° 1 3	86° 7 4
e	0.085	0.065
ω	-91° 9	-92° 5
z	0.0059	0.0056
x _{1,2}	(0.6)	(0.6)
L ₁	0.791 11	0.826 16
L ₂	0.209 11	0.174 16
L ₃	0.087	0
J ₁ /J ₂	2.39	2.62
Гипотеза	tr	tr

Таблица 4

Элем.	Автор	
	Боцула	Кристалди
R ₁	1.39	1.19
R ₂	1.03	1.03
M ₁	1.26	0.97
M ₂	0.85	1.13
P ₁	0.47	0.58
P ₂	0.78	1.04
Sp ₂	K1-K3	G3

Индекс 1 относится
к большей звезде.

Все элементы вы-
ражены в солнечных
единицах.

Литература:

- Боцула Р.А., 1978, ПЗ 20, 577.
Кристалди, 1965 — Cristaldi S., Mem.Soc.Astr.Ital., 36, N 1, 77.
Лавров М.И., 1976, Переменные звезды, прилож., 2, № 11, 349.
Мак-Ре, 1952 — MacRae D.A., ApJ 116, 607.

- Свечников М.А., 1969, Каталог орбитальных элементов масс и светимостей тесных двойных звезд, Свердловск.
Струве и др., 1950 — Struve O., Horak H., Canavaglia R., Kourganoff V., Colacevich A., ApJ 111, 658.

Астрономическая обсерватория
им. Энгельгардта

*Поступила в редакцию
1 июля 1976 г.*