БОЛГАРСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК · BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

АСТРОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, 1 · ASTROPHYSICAL INVESTIGATIONS, 1

София · 1975 · Sofia

Исследование переменных звезд типа RR Lyrae: TW Herculis

Малина Попова, Здравка Крайчева

Переменная TW Her открыта Cannon [1, 2]. Ее принадлежность к переменным типа RR Lyr установил Hoffmeister в 1920 г. на основании 101 визуального наблюдения [3]. Позже он дает улучшенные элементы переменной на основании визуальных и фотографических наблюдений в 1924—1925 гг. [4]. Он получил, что визуальная амплитуда больше фотографической: $A=1^m,72$ ($9^m,95$—$11^m,67$); $A=1^m,59$ ($10^m,60$—$12^m,19$). Элементы из ОКПЗ (1948) [5] представляют удовлетворительно наблюдения с 1917 по 1957 г. и согласно Ланге [6] в этом интервале период переменной оставался стабильным, после чего скачком изменился, и в 1959 г. наблюдаются значительные отклонения. Позже на основании нор-

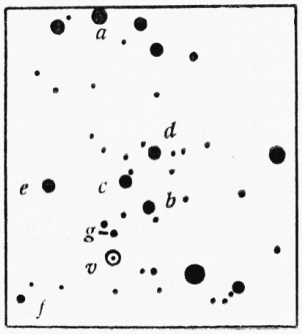

Рис. 1

Таблица 1

a	$10^m,05$
b	10,33
c	10,57
d	11,10
e	11,35
f	11,80
g	12,14

мальных максимумов до 1963 г. и улучшенных элементов из ОКПЗ (1967) [7]

(1) $$\text{Max}=242\ 1545.2340+0.399600104\ E.$$

Ланге получил [6], что средний период TW Her можно считать стабильным в интервале 1918—1963 гг., но возможны отклонения с циклом 291 сутки, что требует дальнейшей проверки.

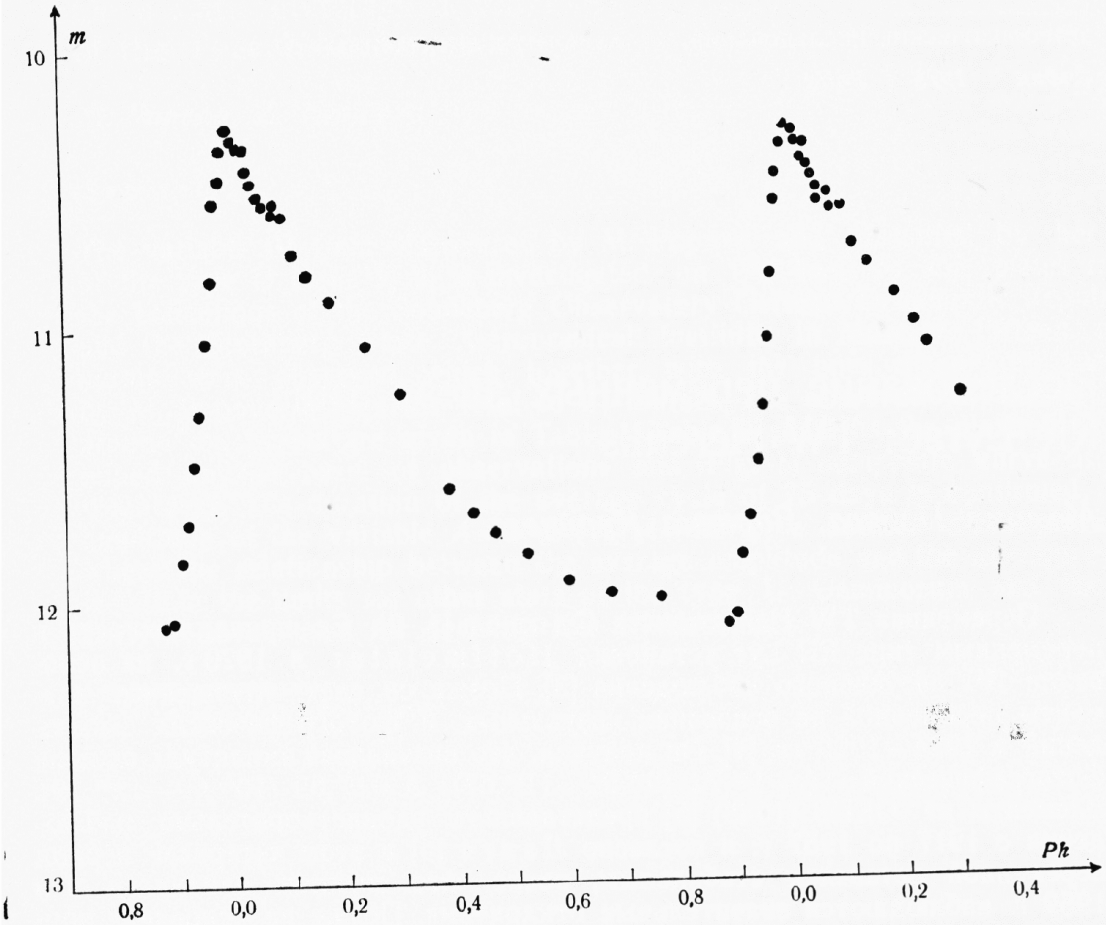
m
10
11
12
13
Ph
0,8
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
0,0
0,2
0,4

Рис. 2

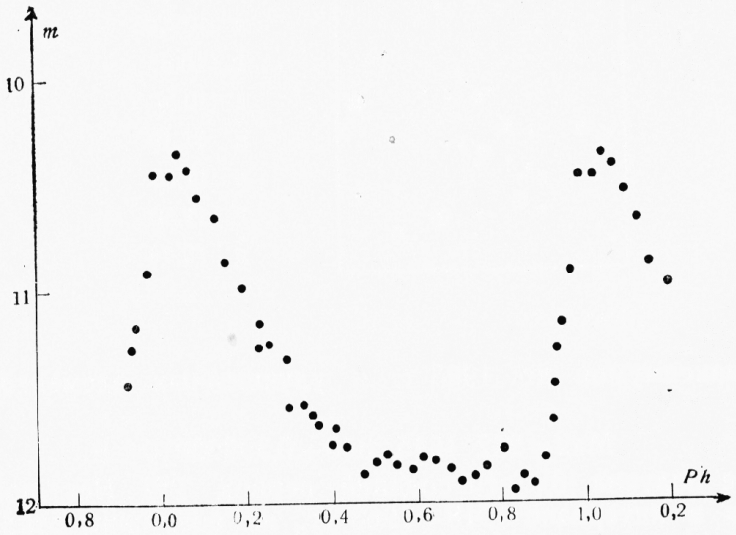
m
10
11
12
Ph
0,8
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0
0,2

Рис. 3

Таблица 2

Нормальная кривая по наблюдениям в Будапеште

Фаза	m	n	Фаза	m	n	Фаза	m	n
	m			m			m	
0,003	10,32	8	0,115	10,74	10	0,881	12,09	10
0,009	10,34	8	0,148	10,81	10	0,900	12,08	10
0,015	10,35	8	0,189	10,91	10	0,915	11,85	10
0,022	10,36	8	0,248	11,07	10	0,929	11,72	10
0,028	10,43	8	0,308	11,26	10	0,938	11,52	10
0,036	10,45	9	0,394	11,60	10	0,948	11,33	10
0,043	10,49	9	0,434	11,68	10	0,958	11,07	10
0,052	10,54	10	0,470	11,75	10	0,968	10,84	10
0,059	10,57	10	0,529	11,82	10	0,979	10,57	10
0,069	10,56	10	0,603	11,94	10	0,988	10,49	10
0,080	10,60	10	0,679	11,98	10	0,996	10,37	9
0,093	10,60	10	0,765	12,01	10			

Таблица 3

Нормальная кривая по наблюдениям в Зоннеберге

Фаза	m	n	Фаза	m	n	Фаза	m	n
	m			m			m	
0,023	10,51	8	0,365	11,64	10	0,729	11,88	10
0,046	10,38	8	0,387	11,74	10	0,758	11,85	10
0,061	10,44	9	0,408	11,66	10	0,789	11,77	10
0,084	10,55	10	0,434	11,74	10	0,819	11,95	10
0,121	10,68	10	0,470	11,81	10	0,850	12,07	10
0,155	10,88	10	0,499	11,82	10	0,875	11,92	10
0,185	11,00	10	0,526	11,80	10	0,895	11,81	10
0,218	11,18	10	0,555	11,84	10	0,917	11,46	10
0,232	11,28	10	0,579	11,86	10	0,924	11,62	8
0,247	11,28	10	0,610	11,80	10	0,939	11,29	8
0,278	11,33	10	0,637	11,80	10	0,948	11,19	8
0,299	11,56	10	0,675	11,86	10	0,966	10,93	8
0,332	11,55	10	0,703	11,91	10	0,988	10,47	8
0,348	11,59	10						

Согласно [9], вероятно, чтобы TW Her являлся членом затменно двойной системы.

Для исследования этой интересной переменной нами был использован материал из обсерваторий в Будапеште и Зоннеберге. Было получено 723 оценки блеска, 339 — по пластинкам из обсерватории в Будапеште и 384 — в Зоннеберге.

Наблюдения в Будапеште распределены в период 1938—1957 гг. Часть наблюдательного материала (33 пластинки) получена одним из авторов (М. П.). Фотографии сделаны 16-сантиметровым астрографом с экспозицией 4—6 min на пластинках Guilleminot Superfulgur, за исключением серии из 40 снимков с 1938 г., снятых последовательно движущейся кассетой на одной пластинке Кодак.

Таблица 4

Наблюдения TW Her по пластинкам обсерватории в Будапеште

JD_{hel}	m	JD_{hel}	m	JD_{hel}	m
1	2	3	4	5	6
242...		243...		243...	
9106,4125	12,06	4579,3903	10,35	4581,3624	11,51
4150	12,20	3931	10,26	3652	11,43
4171	12,19	3958	10,38	3707	10,92
4191	11,92	3986	10,40	3735	10,92
4212	11,92	4014	10,34	3763	10,82
4233	11,88	4042	10,45	3791	10,63
4254	12,02	4069	10,48	3819	10,57
4275	11,98	4097	10,48	3846	10,40
4296	12,02	4125	10,43	3902	10,35
4317	12,12	4153	10,48	3930	10,48
4337	11,90	4181	10,57	3957	10,43
4358	11,92	4208	10,68	3985	10,45
4379	11,68	4236	10,61	4013	10,36
4400	11,66	4264	10,61	4041	10,47
4421	11,50	4319	10,57	4096	10,51
4442	11,47	4345	10,77	4124	10,63
4462	11,36	4375	10,92	4152	10,54
4483	11,15	4403	10,77	4180	10,66
4504	11,04	4431	10,87	4221	10,57
4525	10,80	4458	10,74	4305	10,66
4546	10,60	4486	10,78	4763	10,65
4567	10,52	4514	10,78	4791	10,73
4587	10,48	4542	10,78	90,3300	11,73
4608	10,45	4579	10,78	3327	11,69
4629	10,42	4597	10,81	3355	11,54
4650	10,38	4625	10,88	3383	11,58
4670	10,30	4653	10,92	3411	11,60
4692	10,36	4681	10,95	3439	11,64
4712	10,42	4708	10,91	3466	11,60
4733	10,35	4792	11,08	3494	11,65
4754	10,31	4819	11,10	3522	11,80
4775	10,38	4847	11,03	3550	11,87
4796	10,49	4875	11,14	3577	11,61
4817	10,46	4903	11,07	3605	11,86
4837	10,58	4931	11,25	3633	11,80
4858	10,50	4958	11,00	3661	11,83
4879	10,63	4979	11,14	3689	11,90
4900	10,59	5014	11,14	5508	11,61
4921	10,69	5042	11,16	5536	11,77
4942	10,75	5069	11,32	5564	11,66
243...		5097	11,20	5591	11,30
4579,3625	11,98	5125	11,18	5619	11,32
3653	11,70	5153	11,22	5647	10,87
3681	11,40	5181	11,19	5675	10,90
3708	11,12	5208	11,19	5702	10,74
3736	11,10	5236	11,30	5730	10,69
3764	11,00	5292	11,38	5758	10,58
3792	10,70	81,3513	11,69	5786	10,37
3819	10,60	3541	11,80	91,3714	10,56
3847	10,45	3569	11,54	3749	10,41
3875	10,38	3596	11,51	3777	10,37

Продолжение

1	2	3	4	5	6
243. . .		243. . .		243. . .	
4591,3805	10,17	4597,3565	11,00	4602,4317	12,28
3832	10,28	3592	10,89	4344	11,96
3860	10,30	3620	10,72	4372	12,12
3888	10,35	3648	10,49	4400	12,00
3916	10,52	3676	10,38	4428	12,04
3944	10,48	3703	10,33	4455	11,98
3971	10,44	3731	10,37	4483	12,04
3999	10,61	3759	10,33	4511	11,95
4027	10,45	3787	10,33	4531	12,10
4055	10,58	3815	10,17	4567	12,10
4082	10,55	3842	10,43	4594	11,98
4110	10,61	3870	10,48	4622	11,93
4138	10,63	3898	10,48	4650	11,90
4166	10,60	3926	10,50	4678	11,90
4194	10,71	3953	10,47	4705	12,10
4221	10,75	3981	10,47	4733	11,87
4263	10,76	4009	10,61	19,2930	12,09
95,3276	12,20	4037	10,73	2957	12,00
3304	12,20	4065	10,78	3089	12,00
3331	12,20	602,3275	11,68	3117	12,14
3351	12,12	3303	11,68	3201	12,08
3387	12,02	3330	11,48	3229	11,71
3415	11,80	3358	11,55	3257	11,42
3443	11,70	3392	11,68	3285	11,42
3470	11,67	3414	11,77	3313	11,30
3498	11,42	3442	11,60	3340	11,04
3526	11,17	3469	11,72	3368	10,97
3554	11,30	3494	11,82	3396	10,86
3581	11,13	3525	11,77	3424	10,58
3693	10,50	3553	11,60	3451	10,46
3720	10,44	3580	11,61	3479	10,34
3749	10,33	3608	11,67	3507	10,32
3776	10,20	3636	11,60	3535	10,36
3804	10,20	3664	11,78	3563	10,38
3831	10,40	3692	11,82	3590	10,48
3859	10,46	3719	11,64	3618	10,48
3887	10,42	3747	11,85	3646	10,48
3915	10,49	3775	11,92	3674	10,55
3943	10,57	3803	11,80	3701	10,55
3970	10,56	3830	11,82	3729	10,62
3938	10,56	3858	11,63	5337,3851	12,00
4 026	10,55	3886	11,87	3879	12,37
4056	10,56	3914	12,10	3907	12,42
4081	10,70	3942	12,15	38,3501	11,42
4109	10,62	3969	12,10	3529	11,38
97,3287	11,95	3997	12,07	6000,3689	10,47
3315	12,07	4025	12,10	3716	10,25
3342	11,91	4053	11,92	3890	10,54
3370	12,00	4080	12,13	3918	10,68
3398	11,73	4150	11,60	4008	10,37
3426	11,65	4178	11,55	4036	10,64
3453	11,94	4205	11,90	06,3618	10,42
3481	11,40	4233	11,83	3646	10,43
3509	11,30	4261	11,68	3674	10,42
3537	11,15	4289	11,71	3701	10,41

Продолжение

1	2	3	4	5	6
243...		243...		243...	
6006,3729	10,45	6006,3931	10,70	6006,4158	10,77
3764	10,39	3965	10,67	4183	10,81
3792	10,54	3993	10,64	4229	10,88
3819	10,50	4042	10,69	4257	10,90
3847	10,50	4069	10,73	4299	10,89
3875	10,57	4097	10,73	4340	11,05
3903	10,58	4125	10,84	4368	11,01
				4396	11,03

Измерения на пластинках были сделаны микрофотометром типа Розенберг Будапештской обсерватории. На рис. 1 дана карта окрестности TW Her с обозначением звезд для сравнения, а в табл. 1 даны их звездные величины, определенные по двум привязкам к Северному полярному ряду.

Из фототеки Зоннебергской обсерватории использованы пластинки, полученные в интервале 1927—1961 гг. 400—миллиметровым Bruce — астрографом Гейдельбергской обсерватории, триплетом 140/700 mm и камерой звездного патруля с объективом Тессар 60/210 и 71/250. Пластинки Agfa Astro несенсибилизированные, за исключением самых ранних, для которых использованы слабо ортохрометические пластинки Kranz Ultra.

Оценки получены по интерполяционному методу Нейланда — Блажко после выравнивания по степенной шкале.

На основании элементов из ОКПЗ [7] были построены нормальные кривые блеска в отдельности для наблюдений в Будапеште (рис. 2, табл. 2) и Зоннеберге (рис. 3, табл. 3); соответственные наблюдения приведены в табл. 4 и 5.

Наблюдения в Будапеште представляются удовлетворительно использованными элементами. Получена средняя фотографическая амплитуда $1^m,77$ ($10^m,32$—$12^m,09$), больше визуальной $1^m,29$, данной в ОКПЗ [7].

Были построены также индивидуальные кривые блеска около максимумов для серии фотографий, снятых последовательно движущейся кассетой на одной или двух пластинках (рис. 4).

Величина максимума изменяется в узких границах. Изменяется и наклон спадающей ветви.

В интервале 1938—1957 гг. средний период можно считать стабильным, несмотря на то, что отдельные максимумы показывают остаточные отклонения. Наблюдательный материал недостаточен для проверки реальности цикла из 291 суток, предложенного Ланге.

Нормальная кривая из наблюдений в Зоннеберге получена с меньшей точностью из-за большой экспозиции снимков звездного патруля. Наблюдения в Зоннеберге, относящиеся к 1962 г., показывают, что не исключено некоторое изменение периода. Фотоэлектрическое исследование TW Her желательно провести как в связи с остаточными отклонениями

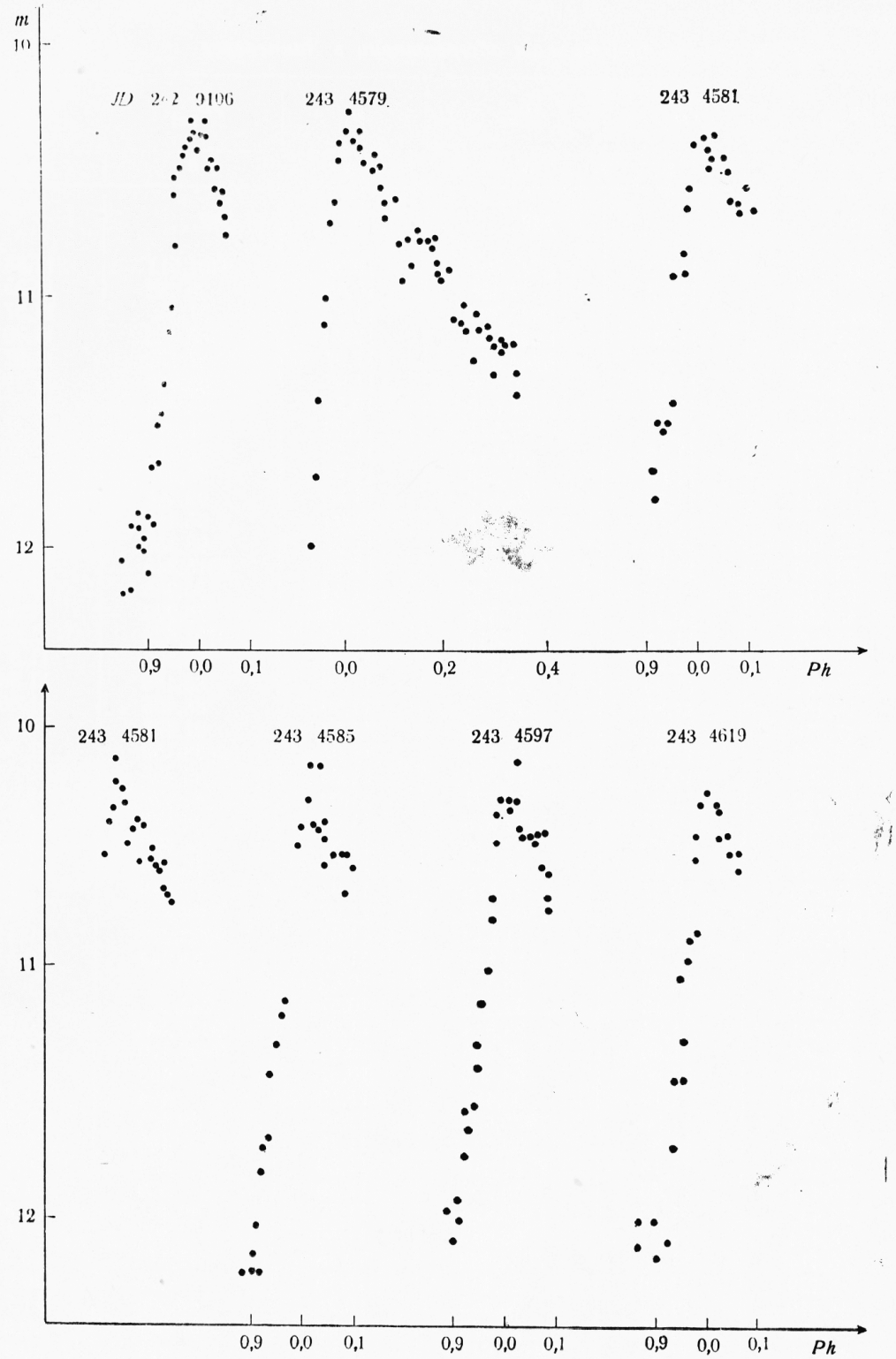
m
10
11
12
JD 242 9196
243 4579
243 4581
0,9
0,0
0,1
0,0
0,2
0,4
0,9
0,0
0,1
Ph
10
11
12
243 4581
243 4585
243 4597
243 4619
0,9
0,0
0,1
0,9
0,0
0,1
0,9
0,0
0,1
Ph

Рис. 4

Таблица 5

Наблюдения TW Her по пластинкам обсерватории в Зонненберее

JD_{hel}	m	JD_{hel}	m	JD_{hel}	m
1	2	3	4	5	6
242...		242...		242...	
5009,503	11,72	6547,507	10,57	9401,511	11,88
531	11,72	99,358	10,66	25,435	11,35
6092,453	11,57	6620,309	11,57	31,455	11,57
93,451	11,80	6623,286	12,00	55,455	11,80
95,472	11,65	6744,654	11,97	57,473	11,97
96,483	11,74	50,656	11,97	62,464	12,10
99,527	11,57	51,636	10,74	64,454	12,07
6102,420	11,57	67,571	11,22	66,476	11,80
13,429	11,10	70,543	11,57	88,411	11,80
16,511	11,80	71,543	11,87	91,377	11,80
17,434	11,27	94,512	11,80	93,496	11,80
19,433	11,10	6827,478	11,94	95,411	11,57
22,440	11,80	53,423	11,91	98,450	11,71
24,455	11,80	7100,621	11,71	9515,348	11,71
29,476	11,10	01,636	11,44	50,265	11,80
45,456	10,41	22,628	11,80	70,223	11,80
46,459	11,98	31,612	11,35	9721,628	11,80
90,535	12,03	33,614	11,80	59,506	11,3
6215,471	11,35	53,500	11,89	83,486	11,36
16,480	11,97	54,515	11,80	88,466	11,80
17,378	10,46	55,588	11,53	91,478	11,4
18,367	11,80	7215,458	11,85	9808,460	11,86
19,367	10,57	7312,378	11,80	24,508	12,97
24,457	11,22	60,294	11,00	44,420	12,00
43,332	10,57	7462,673	11,74	46,436	11,90
44,330	11,80	82,640	11,80	51,463	11,60
6396,647	11,88	83,654	11,35	76,413	11,87
6397,620	10,57	92,676	11,94	77,388	11,10
6414,609	11,86	7505,527	11,97	78,390	11,80
18,526	11,85	11,542	11,91	9923,272	10,41
19,534	11,10	7513,559	11,80	35,244	10,57
20,514	11,80	16,522	10,83		
21,523	11,10	32,442	10,57	243...	
22,501	11,80	33,514	11,80	0077,542	10,70
24,566	11,80	36,465	10,41	0938,410	10,80
39,466	11,80	68,406	10,57	452	11,80
40,449	11,10	96,451	11,10	494	11,80
44,555	11,80	7625,472	11,97	39,404	11,46
67,403	11,84	68,477	11,78	446	10,25
68,403	11,14	7711,310	11,86	484	10,46
70,499	11,86	45,257	11,80	530	11,3
74,431	11,46	7842,658	11,72	40,405	11,57
75,414	11,97	66,632	11,50	407	11,57
76,414	11,46	7924,488	10,45	41,479	10,45
78,429	11,50	25,461	11,80	520	10,97
84,440	11,74	26,465	10,25	44,486	11,74
97,434	11,90	27,473	11,80	69,387	10,84
98,451	11,87	8193,641	11,88	429	10,42
6506,465	11,85	9322,682	10,57	471	10,75
12,467	11,85	63,499	11,18	513	11,33
15,482	10,25	74,552	11,97	72,370	11,74

Продолжение

1	2	3	4	5	6
243...		243...		243...	
0972,413	11,80	5934,571	11,07	6318,374	11,85
454	11,65	37,585	12,08	417	11,80
496	11,35	52,579	11,72	536	11,10
73,379	11,35	62,577	11,48	580	11,35
421	10,25	84,506	12,03	598	11,69
463	10,68	87,499	12,00	613	11,57
505	11,19	87,532	12,03	43,504	12,00
90,377	11,80	89,531	11,97	47,505	11,87
419	11,80	91,502	12,08	66,482	11,35
1323,428	10,50	6018,452	11,35	71,517	11,80
2802,393	10,57	21,493	12,14	94,471	11,35
3122,525	10,70	22,467	11,43	99,452	12,00
5168,597	11,80	52,422	11,57	6402,502	11,71
85,530	11,41	70,397	11,22	03,477	11,35
87,549	10,90	74,419	11,71	20,397	10,82
91,570	10,57	6108,303	10,57	26,431	11,2:
5216,444	10,75	27,283	11,65	31,409	11,87
17,436	11,89	37,255	11,80	415	12,00
18,449	10,83	6287,632	12,07	34,396	10,90
19,454	11,88	6305,421	11,78	35,386	11,97
20,447	11,90	616	11,74	36,468	11,53
22,438	10,84	06,438	11,35	51,357	12,08
23,441	11,80	595	11,35	53,316	11,71
39,412	11,97	603	11,65	56,368	11,10
40,437	11,10	07,405	11,58	59,385	11,80
43,466	11,22	571	11,80	61,364	11,71
44,484	11,35	08,453	10,25	79,322	11,80
46,460	11,22	574	11,35	80,305	10,33
5524,641	11,93	616	11,72	85,308	11,87
41,574	11,57	09,412	11,80	86,339	11,35
48,363	11,71	11,392	11,58	6542,228	10,45
49,639	10,36	437	11,80	6603,632	11,88
50,535	11,18	480	11,80	04,660	11,35
66,491	10,83	522	11,80	46,651	11,55
71,574	10,88	566	11,89	72,583	11,35
94,392	10,25	612	11,88	74,435	11,97
97,453	11,80	14,411	11,98	75,485	11,87
99,456	11,82	538	11,33	599	11,80
5600,459	11,01	570	11,22	89,492	11,88
01,456	11,91	610	11,65	94,545	10,87
03,417	11,85	15,462	11,80	567	11,35
27,457	12,03	15,503	11,85	97,561	11,87
55,439	12,06	545	11,97	99,548	12,00
61,479	11,01	582	11,97	6701,507	11,62
91,511	10,41	16,423	11,58	04,514	10,57
94,419	11,41	448	10,30	22,474	10,57
94,452	11,80	481	10,41	24,507	10,67
94,525	11,87	524	10,77	34,491	10,67
95,408	11,97	566	11,35	44,436	10,25
5718,367	11,57	582	11,92	54,468	10,77
25,389	12,00	608	11,80	57,481	11,80
5872,701	11,80	17,392	11,62	59,440	11,97
5901,636	11,80	393	11,80	63,537	12,14
08,621	11,57	438	11,80	64,492	11,35
09,634	11,35	556	11,97	80,412	10,63
33,619	11,10	601	11,91	6807,368	11,80

Продолжение

1	2	3	4	5	6
243...		243...		243...	
6810,386	10,41	7080,499	10,84	7202,335	11,80
12,374	10,57	82,462	10,88	03,347	11,60
13,394	11,80	490	10,57	22,306	11,80
16,386	10,49	88,468	11,2:	7353,641	11,97
21,430	11,87	7101,465	11,80	75,601	11,80
39,318	11,80	03,463	11,91	7406,540	11,53
40,310	10,94	05,495	11,80	37,493	11,80
46,288	11,71	07,479	12,00	44,539	10,57
48,333	10,26	09,470	11,80	66,483	11,35
95,233	11,57	490	11,80	92,540	11,30
7016,553	10,57	492	11,80	7517,395	11,57
599	10,67	12,478	10,26	44,395	12,00
634	11,18	14,438	11,2:	58,372	11,80
18,616	10,93	16,428	11,5:	76,333	12,08
25,595	11,80	34,498	10,93	77,334	11,68
26,614	11,57	40,412	10,94	79,334	11,57
27,588	11,86	66,428	10,57	86,316	11,86
44,568	10,63	69,374	11,74	7603,314	11,53
51,559	11,97	72,394	10,51	15,262	11,35
585	11,85	90,336	11,80	42,236	11,80
76,535	10,65	92,346	11,57	59,219	11,57
78,542	11,30	94,351	11,53		

индивидуальных максимумов, так и с ее предполагаемой двойственностью

Авторы выражают свою благодарность за предоставленный наблюдательный материал проф. Л. Детре и Ю. Балаж из Будапештской обсерватории и Руководству Зоннебергской обсерватории.

Литература

1. Cannon, A. NC 159, 1910.
2. Cannon, A. AN 4432, 1910.
3. Hoffmeister, C. AN 5228, 218, 1920.
4. Hoffmeister, C. AN 5503, 113, 1925.
5. Кукаркин, Б. В. и др. ОКПЗ, М., АН СССР, 1948.
6. Ланге Г. А. АЦ. 207, 19, 1959.
7. Кукаркин Б. В. и др. ОКПЗ, М., АН СССР, 1969.
8. Цесевич, В. П. Звезды типа RR Лиры. Киев, Наукова думка, 1968.
9. Fitch, W. S., W. Z., Wišneewski, H. L. Johnson. Aris. Comm., 71, 1966.

An Investigation of Variable Stars of the Type RR Lyrae: TW Herculis

M. Popova, Z. Kraičeva

(Summary)

The variable star TW Her is investigated on the basis of 723 photographic observations obtained in the observatories in Budapest and Sonneberg. The normal light curves are drawn separately after the observations from the two observatories, as well as individual brightness curves from a series of photographs with times of exposure 4 to 6 minutes, obtained on one plate with a moving cassette. A deviation for some of the maxima is observed. Photoelectric observations of the variable are desirable.

Сектор астрономии
Болгарской академии наук

Поступила 15. XII. 1972 г.