

К. Г. ГАСПАРЯН

UBV ФОТОМЕТРИЯ ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД В АГРЕГАТЕ ОРИОНА

1. Введение

В настоящее время изучение вспыхивающих звезд уже не ограничивается только их обнаружением. Все большее и большее значение приобретают детальные исследования вспыхивающих звезд в звездных ассоциациях. К ним относятся, в частности, колориметрические наблюдения вспыхивающих звезд в системе UBV.

Одним из богатейших скоплений вспыхивающих звезд является ассоциация Ориона. Этот агрегат богат также переменными звездами с H α эмиссией. Сопоставление колориметрических данных звезд этих двух группировок, которые, по всей вероятности, находятся в разных эволюционных стадиях, дало бы возможность сделать определенные выводы.

Первые колориметрические наблюдения звезд ассоциации Ориона были выполнены Эндрюсом [1—3], однако они охватывают лишь часть вспыхивающих звезд Ориона.

В настоящей статье приводятся результаты наблюдений около 230 вспыхивающих звезд, в том числе звезд, обнаруженных Розино и Пигатто [4] и не вошедших в список Эндрюса. В наши наблюдения входят также звезды из списка Эндрюса, что дает возможность обнаружить вероятные изменения в колориметрических характеристиках звезд.

2. Наблюдательный материал

Наблюдения проводились на 40" телескопе системы Шмидта Бюранской обсерватории в январе-феврале 1973 г. Основные наблюдательные данные приведены в табл. 1. Взятая нами комбинация пластинок и светофильтров дает наилучшее приближение к UBV системе Джонсона [5].

Звезды-стандарты взяты из работ Эндрюса [2]. Измерения пластинок проводились на микрофотометре МФ-2. Предельная звездная величина наших наблюдений в U $\sim 18^m0$. Средние квадратичные ошибки одного измерения составляют $\pm 0^m21$; 0^m13 ; 0^m12 для U, B и V цветов соответственно.

Основные наблюдательные данные

Цвет	Пластика	Светофильтр	Количество обработанных пластинок	Экспозиция, мин
<i>U</i>	ZU-2	UG-2	3	30÷60
<i>U</i>	Кодак 103а-0	UG-2	3	20÷30
<i>B</i>	Кодак 103а-0	GG-13	6	10÷15
<i>V</i>	Кодак 103а-D	GG-11	4	15÷20

Результаты наших фотометрических измерений даны в табл. 2, где приведены: в первом столбце—номера вспыхивающих звезд по Аро и Чавира [6] или Розино и Пигатто [4], во втором столбце—определенные нами *V* величины, в третьем и четвертом—найденные нами *U—B* и *B—V* величины, в пятом—число измерений *n* в диапазоне (*U—B—V*), шестом—средние квадратические ошибки σ для каждого цвета.

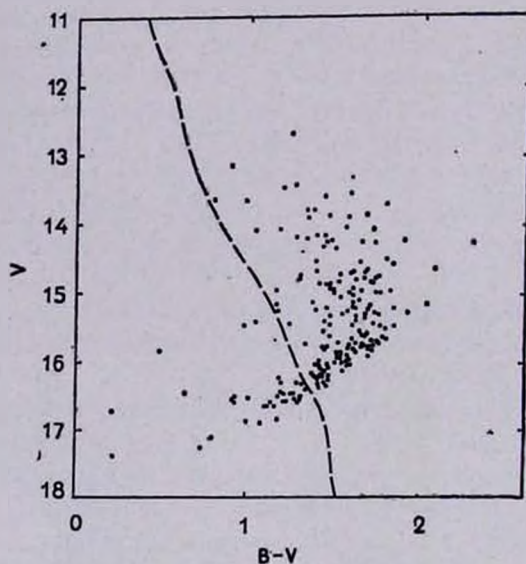


Рис. 1. Диаграмма зависимости *V* от *B—V* вспыхивающих звезд в ассоциации Ориона. Пунктирная линия—главная последовательность, взятая из [3].

Данные, приведенные в табл. 2, нанесены на рис. 1 в виде диаграммы зависимости *V* от *B—V*, где пунктирной линией показана главная последовательность, взятая из [3].

3. Обсуждение результатов

Всякая теория, объясняющая явление вспышки у красных карликов, должна объяснить также их поведение в нормальном состоянии. Феномен вспышки присущ многим звездам типа Т Тельца. Поэтому

теория, объясняющая, скажем, явления, наблюдавшиеся у вспыхивающих звезд, должна в какой-то мере объяснить также особенности звезд типа Т Тельца, имеющих много сходных черт со вспыхивающими карликовыми звездами.

Оба аспекта с единой точки зрения детально рассматриваются Г. А. Гурздяном [8, 9], выдвигающим гипотезу «быстрых электронов», которая является возможной конкретизацией обобщенных идей В. А. Амбарцумяна [11], еще в 1954 г. доказавшего нетепловую природу этих явлений.

Согласно гипотезе «быстрых электронов», импульсивный рост блеска у вспыхивающих звезд и звезд типа Т Тельца происходит без рождения новых световых фотонов. Для этого достаточно и собственное излучение звезд в нормальном, то есть невозмущенном состоянии. Однако часть этого излучения в результате взаимодействия с «быстрыми электронами», энергия которых $\sim 1,5$ Мэв, может быть переизлучена в области более высоких частот. Элементарным актом взаимодействия при этом

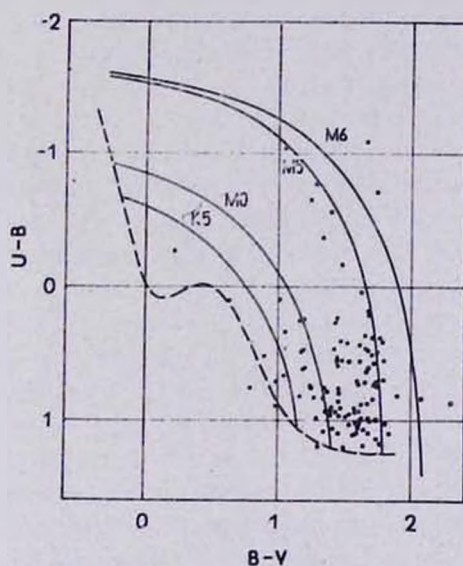


Рис. 2. Диаграмма зависимости $U-B \sim B-V$ вспыхивающих звезд в ассоциации Ориона. Пунктирная линия — главная последовательность [12]. Теоретические треки для звезд спектральных классов K5, M0, M5, и M6 взяты из [10].

является обратный Комптон-эффект, когда быстрый электрон передаст часть своей энергии световому фотону в результате неупругих столкновений.

По сути дела спонтанность и скоротечность оптической вспышки обусловлены внезапным появлением самих быстрых электронов во внешних областях звезды. Изменение цветовых характеристик звезды,

в частности, величин $U-B$ и $B-V$, которые однозначно характеризуют поведение непрерывного спектра во время вспышки, происходит по трекам, зависящим главным образом от спектрального класса звезды и мощности самой вспышки. Эти треки (взяты из [10]) для спектральных типов M6, M5, M0 и K5 нанесены на диаграмму $U-B$, $B-V$ (рис. 2, сплошные линии). Там же нанесены $U-B$ и $B-V$ цвета наблюдавшихся вспыхивающих звезд: пунктирной линией обозначена главная последовательность для звезд V класса, взятая из [12]. Вспыхивающие звезды в нормальном состоянии находятся на нижних концах этих треков, т. е. в основном вблизи главной последовательности. Во время вспышки они поднимаются вверх и влево, двигаясь по трекам определенных спектральных классов или параллельно им. После исчезновения вспышки они возвращаются на главную последовательность. Звезды же типа Т Тельца, у которых, согласно развитым в [9] представлениям, имеет место непрерывная, или перманентная, вспышечная активность, должны быть рассеяны на диаграмме $U-B$, $B-V$ в области, лежащей между указанными треками и главной последовательностью. При этом каждая звезда типа Т Тельца имеет свою зону колебания вокруг того среднего положения на диаграмме, где она находится соответственно своей «нормальной» активности.

Местоположение звезды типа Т Тельца на диаграмме $U-B$, $B-V$ является указанием на ее «ультрафиолетовую» активность: чем больше она удалена от главной последовательности, тем больше у нее активность «перманентной вспышки». С приближением к главной последовательности их «перманентная» активность уменьшается, и они превращаются во вспыхивающие звезды, у которых вспышечная активность проявляется время от времени [9]. Описанная картина подтверждается той ситуацией, которую мы имеем на рис. 2, а также на рис. 2 из работы [14]. Как видно, концентрация вспыхивающих звезд около главной последовательности значительно больше, чем концентрация звезд с H_α эмиссией. Между тем у вспыхивающих звезд полностью отсутствуют особо активные звезды, так называемые звезды типа NX Моп [9].

Сопоставление наших результатов с данными Эндрюса [3] показывает большие изменения цветов $U-B$, $B-V$, превышающие по своей величине ошибки измерений. Обращает на себя внимание характер этих изменений: изменения цвета часто происходят параллельно теоретическим кривым зависимости $U-B \sim B-V$. Это означает, что изменение цветов $U-B$, $B-V$ у таких звезд вызвано, главным образом, нетепловыми процессами, то есть не связано с изменениями температуры (спектрального класса) звезды. Не противоречат этому и представленные на рис. 3 данные, относящиеся к вспыхивающим звездам № 63, 66, 141, 144, 193, для которых имеется более двух фотометрических измерений.

Автор считает приятным долгом принести свою благодарность про-

Таблица 2

№ по Аро	V	U-B	B-V	n(U-B-V)	$\sigma(U-B-V)$
1	2	3	4	5	6
1	14.м94	1.м20	1.м50	3-6-4	$\pm 0.12-06-06$
2	16.64		1.11	0-3-4	—13-05
4	13.43	0.76	1.27	6-6-3	06-04-14
5	15.76		1.59	0-4-4	—12-11
6	14.82	1.09	1.53	3-6-4	26-10-04
8	16.56		1.31	0-3-3	—12-11
10	15.39	0.98	1.63	1-6-4	—08-11
13	16.64		1.16	0-2-4	—11-14
14	15.32	0.56	1.63	3-6-4	25-25-11
15	15.73	0.37	1.66	1-6-4	—12-06
16	15.77		1.54	0-6-4	—05-09
17	15.51	0.69	1.80	1-6-4	—07-05
18	15.74		1.73	0-5-4	—15-08
19	16.17		1.44	0-5-4	—09-21
20	16.32		1.30	0-2-3	—06-16
22	15.31	0.61	1.68	1-5-4	—04-12
23	14.79	0.88	1.63	3-6-4	13-08-07
24	14.30	0.94	1.44	6-6-3	13-09-24
25	14.72	1.19	1.31	1-5-4	—23-13
28	16.89			0-0-3	—07
29	16.13		1.45	0-5-4	—08-02
30	16.03		1.58	0-4-4	—11-07
31	15.27	0.99	1.74	1-6-3	—19-06
32	15.98		1.58	0-5-4	—15-11
34	14.24	0.59	1.46	2-6-4	38-12-23
35	16.60		1.35	0-1-3	—13
36	16.65		1.12	0-1-4	—20
37	16.36		1.46	0-4-4	—13-12
38	16.05		1.47	0-4-4	—08-11
39	17.37		1.23	0-2-4	—35-24
40	15.70		1.76	0-6-3	—13-05
41	16.58		1.22	0-2-4	—08-20
42	14.63	0.83	2.08	3-6-4	33-09-10
43	13.14	0.52	0.90	5-5-3	12-18-12
45	14.81	-0.77	1.29	5-6-4	31-19-15
46	16.58		1.23	0-2-3	—10-06
48	16.26		1.47	0-5-4	—23-13
49	16.81			0-0-3	—29
51	14.24	-1.09	1.66	5-6-4	33-30-24
55	16.58		0.92	0-2-2	—26-48
56	15.55		1.65	0-6-4	—20-10
57	16.13		1.55	0-5-4	—19-21
58	14.05	0.57	1.73	6-4-3	29-11-16
60	16.07		1.47	0-4-4	—12-14
62	15.34		1.68	0-6-4	—15-11
63	13.70	0.55	1.80	6-5-4	31-10-06
64	16.12			0-0-4	—09
65	15.48		1.85	0-6-4	—16-07
66	14.91	1.02	1.61	4-6-4	24-04-12
68	16.36			0-0-4	—18
69	16.60		0.93	0-1-4	—10
70	14.74	0.74	1.75	4-6-4	35-16-15
71	15.21		1.85	0-6-3	—21-03
72	14.68	0.18	1.68	3-5-4	03-03-11
73	16.38		1.42	0-5-4	—08-09
74	16.17			0-0-4	—13
75	16.73			0-0-4	—10
76	15.79	0.38	1.71	1-6-4	—10-12
77	13.77	0.93	1.38	5-4-3	22-13-04

Таблица 2 (продолжение)

1	2	3	4	5	6
		1.06	1.65	3-6-4	06-12-07
79	14.53	-0.65	1.25	6-6-4	13-37-14
80	15.44			0-0-4	—13
81	17.06		1.55	0-6-4	—10-07
82	16.00		1.60	0-6-4	—12-07
83	15.00		0.80	0-1-4	—32
84	17.11		1.63	0-5-4	—11-09
85	15.21	0.55	1.49	6-5-4	24-07-11
86	14.23		1.22	0-3-4	—14-30
87	16.47		1.44	0-4-4	—23-08
88	16.20	1.06	1.42	4-5-4	23-12-01
90	14.85			0-0-3	—13
91	16.95	0.04	1.63	1-6-3	—09-03
92	15.72		1.67	0-6-3	—16-17
93	15.60			0-0-4	—15
94	16.74	1.17	1.77	3-6-4	07-10-17
97	14.98	1.05	1.61	3-6-4	15-08-24
99	14.67		1.32	0-3-4	—06-19
100	16.33		1.61	0-6-4	—13-04
101	15.64	0.81	1.90	5-6-4	22-08-09
102	14.21	-0.17	1.48	5-6-4	27-16-17
104	14.91		1.30	0-1-4	—09
105	16.57		1.14	0-3-4	—14-13
107	16.60		1.73	0-4-4	—06-08
109	15.43	0.10	1.01	2-5-4	17-10-13
111	16.52	0.27	1.44	1-6-4	—12-15
113	15.55		1.67	0-6-4	—10-21
114	15.74	0.41	1.79	1-5-4	—07-09
116	15.63			0-0-2	—14
117	17.52	0.86	1.46	1-5-4	—07-10
118	15.21			0-0-4	—11
119	17.02	0.26	1.17	4-6-4	14-08-06
121	14.95		0.74	0-1-3	—29
123	17.26		1.45	0-3-4	—06-09
124	16.30	0.73	1.73	2-6-4	06-10-13
125	14.83		1.59	0-6-3	—14-02
126	15.97	0.89	0.98	3-5-4	43-15-49
127	15.47		1.18	0-1-3	—03
128	16.84		1.38	0-6-4	—17-17
129	16.17	1.13	1.74	4-6-4	21-07-14
130	14.26		1.51	0-5-4	—05-18
131	16.01	0.48	1.68	1-6-4	—17-06
132	15.75			0-0-4	—06
134	15.10	0.72	1.61	1-4-4	—02-12
136	15.45			0-0-3	—08
137	17.06		1.58	0-5-3	—09-12
138	15.89	0.71	1.66	4-6-4	27-08-07
139	14.94		1.25	0-1-4	—17
140	17.00	0.87	1.68	2-6-4	08-23-07
141	14.76		1.54	0-5-4	—12-17
142	15.87	1.01	1.60	4-6-4	11-07-02
143	14.69	-1.04	1.05	5-6-4	15-23-35
144	15.42			0-0-3	—19
145	17.49	0.76	1.25	3-5-4	27-32-13
146	12.69		2.04	0-6-4	—23-21
147	15.15		1.93	0-5-4	—10-14
148	15.28		1.08	0-2-4	—03-22
149	16.90	0.25	1.20	1-4-4	—10-09
150	16.44	-0.51	0.49	3-5-4	07-27-18
151	15.83	1.00	1.70	1-5-4	—21-15
152	15.23				

Таблица 2 (продолжение)

1	2	3	4	5	6
153	15.77		1.59	0-6-4	—15-21
154	15.02	0.72	1.61	2-6-4	08-10-09
155	16.22		1.40	0-5-4	—11-17
157	16.73	-0.26	0.22	3-5-4	21-32-19
158	15.04	0.95	1.54	2-6-4	39-11-14
159	15.62			0-0-3	—18
161	17.27			0-0-3	—21
162	17.46			0-0-3	—08
163	15.84		1.63	0-6-3	—07-12
164	16.47		1.26	0-2-4	—05-14
166	15.78	0.51	1.71	1-6-3	—11-22
167	15.90	0.56	1.54	1-4-4	—05-08
169	13.64	0.71	0.99	6-6-4	07-09-15
170	17.25			0-0-4	—18
171	15.61	0.48	1.68	1-6-3	—15-14
172	15.30		1.55	0-6-3	—08-07
173	14.25	0.87	2.30	3-4-4	33-04-12
174	13.46	0.61	1.20	5-6-3	15-15-08
175	16.47		1.27	0-4-3	—16-13
177	17.09			0-0-3	—08
178	15.67	0.48	1.75	1-4-4	—03-07
179	15.30		1.76	0-6-4	—14-09
181	15.24	0.95	1.58	1-6-4	—14-09
182	15.14	1.01	1.61	1-6-4	—11-05
186	16.18		1.44	0-5-4	—17-12
187	14.47	1.02	1.81	3-6-3	27-09-13
188	14.82	0.84	1.72	4-6-3	27-05-03
189	16.51		1.18	0-5-4	—08-06
190	17.39			0-0-3	—34
191	15.80	0.44	1.62	2-6-4	08-12-17
192	14.67	0.94	1.40	4-6-4	22-16-10
193	13.88	0.91	1.58	6-6-4	27-11-06
195	16.32		1.42	0-4-4	—06-09
197	15.24	-0.56	1.40	3-6-4	07-27-05
198	14.72	1.03	1.54	5-6-4	20-08-08
199	16.21		1.43	0-4-4	—12-20
200	15.58	0.21	1.69	2-6-4	11-09-06
201	13.58	0.55	1.45	6-6-4	20-13-15
202	14.07	0.62	1.19	6-6-4	22-21-08
203	16.24	0.49	1.19	2-5-4	02-11-13
204	15.10	1.19	1.65	3-6-4	02-10-09
205	16.40		1.35	0-3-4	—09-16
206	13.53	1.09	1.69	5-6-4	22-07-15
207	16.30		1.20	0-2-4	—21-06
208	12.08	0.34	1.06	3-6-4	02-09-05
210	14.21	0.84	1.35	6-6-4	18-04-14
211	14.79	0.98	1.30	3-6-4	08-10-10
212	17.20			0-0-4	—11
213	13.78	0.76	1.34	6-5-4	14-07-13
215	15.91		1.70	0-4-4	—12-13
216	13.86	0.96	1.47	5-6-4	14-16-08
217	14.14	0.54	1.45	3-6-4	21-16-22
218	15.47	0.38	1.77	1-5-4	—11-12
219	14.14	0.93	1.40	6-6-4	18-09-16
221	16.63			0-0-4	—18
222	14.95		1.83	0-6-3	—16-06
223	14.58	1.09	1.84	1-5-4	—13-10
224	14.03	0.81	1.57	5-6-4	16-23-29
225	13.62	0.76	0.80	6-5-3	12-29-05
226	15.65		1.81	0-5-4	—22-18

Таблица 2 (продолжение)

1	2	3	4	5	6
227	14.17	0.83	1.28	6-5-4	15-10-10
229	14.84	1.09	1.46	2-5-4	06-09-11
232	16.83			0-0-4	—08
233	16.24		1.41	0-6-4	—03-10
234	15.12	0.79	1.38	3-6-4	06-10-05
235	15.98		1.42	0-5-4	—07-16
236	16.19		1.47	0-5-4	—12-06
238	15.71		1.53	0-6-4	—13-18
240	16.88		1.00	0-2-3	—01-06
241	14.65	0.96	1.69	3-6-4	26-08-08
242	17.45			0-0-2	—16
243	16.54		1.31	0-1-1	—21
244	14.09	0.66	1.05	6-5-3	17-07-04
245	17.34			0-0-3	—09
247	13.90	1.08	1.35	6-5-4	14-15-17
249	15.79		1.45	0-6-4	—10-10
251	14.98	0.72	1.74	3-6-4	20-07-11
254	15.14	0.82	1.17	3-6-3	11-14-04
4*	16.51		0.93	0-5-3	—18-07
6	14.85	0.91	1.48	4-6-4	09-08-07
7	15.90	0.42	1.53	1-6-4	—16-07
9	15.17		1.71	0-6-4	—10-03
10	17.61			0-0-3	—10
11	15.43	0.41	1.48	3-5-4	19-04-14
16	15.67		1.72	0-5-3	—09-03
19	15.82		1.73	0-6-3	—11-06
22	14.95		1.50	0-3-4	—32-11
25	16.79			0-0-4	—21
26	16.05		1.42	0-5-4	—12-14
27	15.61		1.48	0-5-4	—07-16
29	15.40	0.23	1.45	3-6-4	14-24-11
30	15.19	0.93	1.61	1-6-4	—08-08
31	16.04		1.59	0-6-3	—17-13
32	14.77	-0.71	1.74	3-5-4	24-21-10
34	16.87			0-0-2	—08
36	15.25	0.49	1.18	4-6-4	18-08-07
42	14.53	0.97	1.40	5-6-4	19-07-05
43	15.93		1.54	0-6-4	—07-07
44	16.45	0.11	0.64	3-3-4	05-17-47
45	16.57		1.28	0-2-4	—16-13
50	15.89		1.53	0-6-4	—09-14
51	16.10	0.47	1.43	1-6-4	—11-09
52	17.19			0-0-4	—14
53	15.93		1.53	0-6-4	—15-21
56	17.77	0.77	1.46	1-4-4	—05-10
57	14.33	0.97	1.51	5-6-4	13-12-17
58	13.83	0.63	1.67	6-6-3	29-23-03
59	15.32	1.10	1.58	1-6-4	—07-11
60	16.02		1.40	0-4-4	—07-16

* Далее идут номера по Розинно и Пигатто [4]

фессору Г. А. Гурзадян за постоянное внимание и ценные обсуждения, а также О. С. Чавушяну за помощь при получении наблюдательного материала.

1 октября 1974 г.

Гарнийская лаборатория
космической астрономии

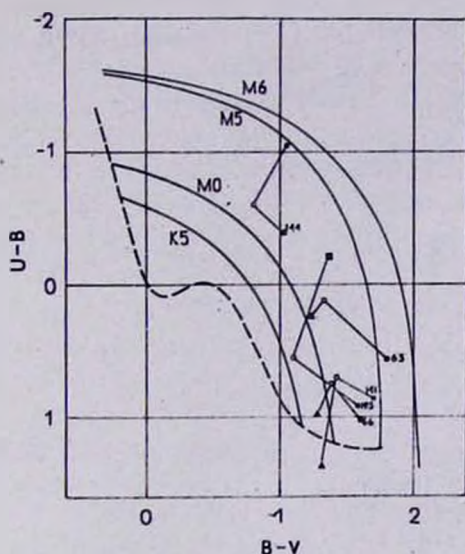


Рис. 3. Положение вспыхающих звезд 63, 66, 141, 144 и 193 на диаграмме $U-B \sim B-V$. ● — измерения автора; ○ — измерения Эндрюса [3]; ▲ — измерения Уокера [7]; □ — измерения Штернштейна [13]

Ղ. Գ. ԳԱՍՊԱՐՅԱՆ

ՕՐԻՈՆԻ ՀԱՄԱԿԱՐԿՈՒՄ ԲԻՆԱԿՈՂ ԱՍՏՂԵՐԻ UBV ԿՈՆԱՀԱՓՈՒԹՅՈՒՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Բերված են Օրիոնի համակարգի բնկվող աստղերի UBV գունաչափության արդյունքները: Ստացվել են UBV լուսանկարչական գունաչափական սովյալներ մոտավորապես 230 բնկվող աստղի համար: Դիտված սահմանային մեծությունը հասնում է 18.^m0 U գույնում:

Արդյունքները բերված են աղյուսակներում և պատկերված են գրաֆիկներում: Բերված են $U-B \sim B-V$ և $V-B \sim V$ դիագրամները:

Ուսումնասիրված աստղերը $U-B \sim B-V$ դիագրամում գտնվում են հիմնականում գլխավոր հաջորդականությունից վեր, սակայն նրանց խտացումը դեպի գլխավոր հաջորդականություն ավելի խիստ է արտահայտված, քան H_{α} գծում առաքում ունեցող աստղերի դեպքում: $U-B \sim B-V$ դիագրամում բնկվող աստղերի տեղաբաշխումը լիովին համապատասխանում է արագ էլեկտրոնների վարկածով հաշվարկված տիրույթներին:

K. G. GASPARIAN

UBV PHOTOMETRY OF FLARE STARS IN ORION AGREGATE

Summary

The results of UBV photometry for flare stars in the Orion aggregate

are presented. The photometric UBV data for 230 flare stars are obtained. Limiting U-magnitude of observed stars is $\sim 18.^m0$.

The behaviour of the observed stars in the U—B—V diagram is discussed; they are generally located above the main sequence of this diagram. However, the space density of these stars increases toward the direction to the main sequence more rapidly than in the case of H_α — emission stars.

The location of flare stars on the U—B—V diagram is in accordance with the „fast-electrons” hypothesis.

ЛИТЕРАТУРА

1. A. D. Andrews, IAU, IV Colloq. Non-Periodic Phenomen In Var. Stars Budapest, 137, 1969.
2. A. D. Andrews, Bol. Obs. Ton. y Tac., 5, No. 34, 195, 1970.
3. A. D. Andrews, Bol. Obs. Ton. y Tac., 6, No. 38, 161, 1972.
4. L. Rosino, L. Pigatto; Contr. Astr. Obs. Asiago, No. 231, 1969.
5. В. Л. Страйжис, Методы исследования переменных звезд, изд-во «Наука», М., 225, 1971.
6. G. Haro, E. Chavira, Bol. Obs. Ton. y Tac., 5, No. 32, 1969.
7. M. F. Walker, Ap. J., 115, 447, 1969.
8. Г. А. Гурзadyan, Астрофизика, 1, 319, 1965.
9. Г. А. Гурзadyan, Вспыхивающие звезды, изд-во «Наука», М., 1973.
10. G. A. Gurzadyan, Bol. Obs. Ton. y Tac., 5, No. 35, 255, 1970.
11. В. А. Амбарцумян, Сообщ. Бюрак. обс., 13, 1954.
12. Х. К. Арп и др., Происхождение и эволюция звезд, Изд. иностр. лит., М., 1962.
13. В. Н. Синческул, Каталог звездных величин, показателей цвета и т. д., изд-во «Наукова думка», Киев, 1971.
14. К. Г. Гаспарян, Сообщ. Бюрак. обс. 49, 23 1976.