

# СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ ЗВЕЗД В ПЛЕЯДАХ

## I. НАБЛЮДЕНИЯ 19 ЗВЕЗД РАННИХ КЛАССОВ

*А. В. Харитонов, В. Г. Клочкова*

Исследовано распределение энергии в непрерывных спектрах 19 звезд в Плеядах. Получены монохроматические освещенности в  $\text{эрг} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$  на границе земной атмосферы и эквивалентные ширины бальмеровских линий. В качестве спектрофотометрического стандарта использовалась звезда  $\beta$  Tau. Дано краткое описание аппаратуры и методики наблюдений.

The distribution of energy in continuous spectra of 19 stars in Pleiades is investigated. The monochromatic illuminations in  $\text{erg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$  at the boundary of the terrestrial atmosphere and the equivalent widths of the Balmer lines are obtained. As a spectrophotometric standard the star  $\beta$  Tau has been used. Equipment and observational technique are briefly described.

Плеяды представляют большой интерес как молодое, богатое звездами и близкое к нам скопление. В нем содержится несколько пылевых туманностей, обладающих волокнистой структурой [1], с поляриметрическими [2] и фотометрическими [3] особенностями. Здесь имеются переменные, эмиссионные и вспыхивающие [4] звезды. Обилие интересных для изучения объектов, частое использование звезд Плеяд в качестве стандарта звездных величин (например, [5]) и возможность применения их в качестве спектрофотометрических стандартов делают актуальным исследование энергии в спектрах возможно большего числа звезд, принадлежащих этому скоплению. Ниже приводятся результаты таких исследований для 19 наиболее ярких членов Плеяд, до  $7^m$ ; наблюдения других звезд были затруднены из-за недостаточной проникающей силы аппаратуры. Можно надеяться, что после ее усовершенствования станут доступными исследованию звезды до  $\approx 8^m$ .

### § 1. АППАРАТУРА

Наблюдения Плеяд проводились в ноябре 1969—январе 1970 г. с помощью фотоэлектрического спектрометра с вогнутой дифракционной решеткой (600 штр./мм, радиус кривизны 500.6 мм), установленной по схеме Сейя—Намиока. Этот прибор (см. [6]) построен в 1965 г. под руководством Н. Д. Калиненко и смонтирован на 50-сантиметровом кассегренновском рефлекторе Герца ( $f=11.0$  м). Перед наблюдениями Плеяд у спектрометра была вдвое (с 14 до 28  $\text{Å}/\text{сек}.$ ) увеличена скорость сканирования спектра, что больше соответствует задаче массового изучения непрерывных и интегральных спектров. В настоящее время на одно наблюдение, включая наведение телескопа, установку чувствительности фотоэлектрон-

ной аппаратуры, запись уровня темноты и двукратное сканирование спектра в противоположных направлениях, требуется 10—12 мин. Некоторое снижение разрешающей силы вследствие инерционности прибора (постоянная времени усилителя  $\sim 0.2$  сек.) сказывается лишь на профилях линий, которые становятся шире и мельче. Их эквивалентные ширины остаются в первом приближении без изменения [7]. Не меняется также и уровень непрерывного и интегрального (континуум вместе с линиями) спектра. Последнее иллюстрируется рис. 1, на котором показаны две регистрограммы спектра дневного неба,

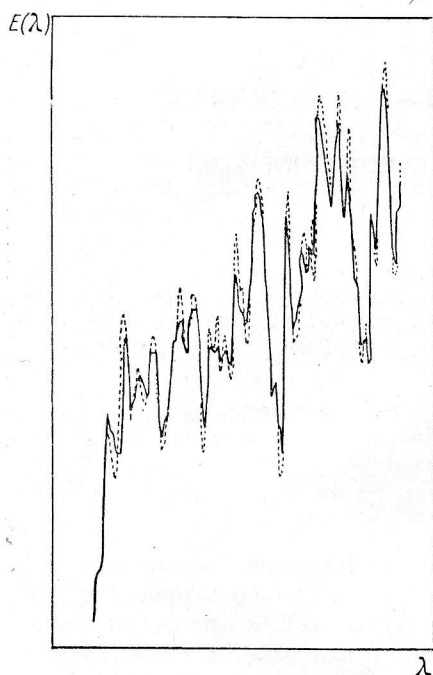


Рис. 1. Сравнение двух регистрограмм одного и того же участка спектра дневного неба, полученных со скоростями сканирования в 7 и 28 Å/сек.

Сплошная линия — 7 Å/сек., пунктирная — 28 Å/сек.

полученные при скоростях сканирования в 7 и 28 Å/сек.

Большая часть полученных регистрограмм была измерена вручную. Даже при наличии специальных шаблонов и приспособлений этот процесс чрезвычайно трудоемок. На измерение одной записи требуется около полутора-двух часов. Общее время обработки наблюдений мало сокращается даже при выполнении на ЭВМ всех численных редуций.

Для существенного ускорения обработки спектрофотометрических наблюдений в Астрофизическом институте АН КазССР на базе прежнего спектрометра сконструирована и отлажена установка, позволяющая записывать спектры звезд на магнитную ленту и вводить результаты наблюдений в ЭВМ без предварительных ручных измерений и перфорирования. Зимой 1969/70 г. установка еще находилась в стадии отладки, однако часть наблюдений Плеяд была выполнена с ее помощью. Ниже приводится ее краткое описание и блок-схема (в окончательном варианте).

В новой установке полностью сохранен прежний канал записи на ленту ЭПП-09 (см. рис. 2), который обеспечивает наглядность, контроль и своего рода страховку. Блок-схема нового параллельного канала регистрации на магнитную ленту изображена на рис. 2 и 3. Тактовый генератор (ТГ) задает опорный сигнал «частоты опроса» (равной 10 гц), запускающий через каждые 0.1 сек. преобразователь (П) амплитуды в длительность импульсов. Преобразователь, представляющий собой ждущий мультивибратор с катодной связью и положительной сеткой, генерирует прямоугольные импульсы с частотой повторения 10 гц; управление их длительностью осуществляется путем изменения положительного потенциала на сетке первой лампы мультивибратора [8]. Для выработки управляющего переменного напряжения на вал измерительного реохорда ЭПП-09 насажен второй такой же реохорд, который питается стабилизированным напряжением, а управляющее напряжение снимается с его подвижного контакта. Поскольку подвижные контакты обоих реохордов всегда занимают одинаковые положения, а электронная часть прежнего канала регистрации имеет линейную зависимость отсчета от входного сигнала, управляющее напряжение, как и длительность генерируемых импульсов, будет всегда

пропорционально световому потоку, падающему на катод фотоумножителя.

Далее, модулированные по длительности прямоугольные импульсы преобразователя *П* поступают на вход генератора частоты заполнения (*ГЧЗ*) и управляют его работой. В *ГЧЗ* происходит заполнение прямоугольных импульсов высокой частотой ( $\sim 2.5$  кгц). Таким образом осуществ-

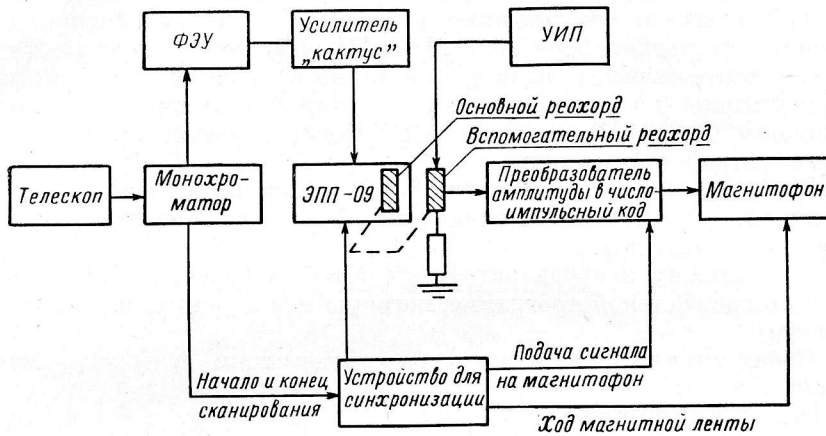


Рис. 2. Блок-схема спектрофотометрической установки с записью на магнитную ленту.

ляется преобразование длительности импульса в число — импульсный код: на выходе *ГЧЗ* вырабатываются пачки импульсов (частота следования пачек 10 гц), причем число импульсов в пачке пропорционально мгновенному значению амплитуды сигнала ФЭУ, т. е. интенсивности спектра в данной длине волны. Число-импульсный код весьма помехоустойчив, что очень важно при магнитной записи, в которой иногда происходит «выпадение» отдельных импульсов [9]; его информативная «неэкономность» в данной установке не играет существенной роли (не замедляет работу, так как используемая скорость сканирования спектра не может быть существенно увеличена). Через катодный повторитель (*КП*) пачки импульсов поступают в записывающую головку магнитофона.

Таким образом, спектр, записанный на магнитную ленту, при сканировании в одном направлении представляет собой последовательность пачек импульсов, следующих через  $2.8 \text{ \AA}$  (частота опроса). Число импульсов в пачке определяется интенсивностью спектра. Запись спектра в интервале  $3200 \div 8000 \text{ \AA}$  вместе с двумя записями «темноты» в начале и конце сканирования содержит около 2000 пачек.

Строго определены (с точностью  $\pm 1 \text{ \AA}$ ) и постоянно контролируются длины волн, соответствующие началу и концу записи (т. е. первой и последней пачкам). Имеется устройство для синхронизации пуска и остановки сканирующего механизма, хода диаграммной бумаги, магнитной ленты и включения цепи, подающей пачки импульсов из катодного повторителя на записывающую головку магнитофона.

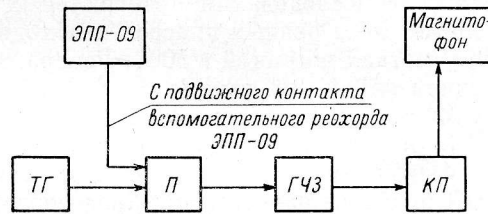


Рис. 3. Блок-схема преобразователя амплитуды в число-импульсный код.

Пояснения в тексте.

При изменении амплитуды сигнала на всю шкалу ЭПП-09 число импульсов в пачке изменяется на 200. Таким образом, «ошибка квантования» единичного отсчета (пачки) при его величине в половину шкалы не превышает 0.5%.

Обработка записей проводится на машине типа БЭСМ-3М Вычислительного центра Института математики и механики АН КазССР. Ввод магнитной записи в ЭВМ осуществляется через специальное, автономное от вычислительной машины, считывающее устройство. Оно выполнено на базе стационарного магнитофона типа МЭЗ-28А и включает лентопротяжный механизм, высококачественный усилитель воспроизведения и блок формирования сигнала (по форме, стандартной для типовых ячеек вычислительной машины БЭСМ-3М), соединенный с входным элементом регистра читающего устройства машины.

Запись наблюдений на магнитофоне производится со скоростью 19 см/сек.; ввод в ЭВМ и считывание производятся со скоростью 76 см/сек., т. е. в 4 раза большей.

Ввод в машину и предварительная обработка наблюдений осуществляются по специальной программе, которую можно разделить на две подпрограммы.

1. *Подпрограмма собственно ввода информации в память машины* предусматривает:

- 1) счет числа импульсов в пачке;
- 2) перевод числа импульсов в миллиметры отсчета по шкале ЭПП с помощью специально построенной и введенной в память машины кривой; \*
- 3) инверсию следования пачек записи КС; \*\*
- 4) ввод в память машины отсчетов, выраженных в миллиметрах шкалы ЭПП.

2. *Подпрограмма предварительного счета* предусматривает:

- 1) интерполирование по длинам волн и выделение отсчетов, относящихся к интересующим нас узким спектральным интервалам. Например, в задаче исследования интегральных спектров (континуум вместе с линиями) звезд разных классов необходимо измерять средние интенсивности на участках шириной в 50 Å. Реперами длин волн служит начальная и конечная пачки (см. выше);
- 2) усреднение отсчетов в этих интервалах;
- 3) вторичное усреднение отсчетов по СК и КС;
- 4) выдачу результатов на печать и перфорирование.

Обработка наблюдений, проведенных с описанной установкой, показала хорошую сходимость получаемых результатов с результатами ручной обработки контрольных записей на диаграммной ленте, получаемых синхронно с магнитными. Максимальные расхождения даже при наличии в записи значительных шумов не превышают  $\pm 5\%$  и имеют характер случайных.

Более подробное описание установки см. в [10].

## § 2. СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ СТАНДАРТ И ДРУГИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

В качестве спектрофотометрического стандарта использовалась звезда  $\beta$  Тау. Распределение энергии в ее спектре было выведено в 1968 г. на основании усреднения результатов абсолютных измерений А. В. Харито-

\* Зависимость числа импульсов в пачке от положения каретки ЭПП (от отсчета) нелинейна. Упомянутый перевод чисел импульсов в миллиметры осуществляется для наглядности, контроля, а главное — для удобства дальнейших редукиций.

\*\* КС и СК — условные обозначения направления сканирования (от красного конца спектра к синему, и наоборот).

нова [11] и И. Н. Глушневой [12], а также относительных данных Банера [13] и Бонсака и Стока [14]. Предварительно в данные А. В. Харитоновы были внесены два вида поправок: а) учитывалось уточненное (см. [15]) распределение энергии в спектре Солнца (в [11] Солнце использовалось в качестве основного стандарта), б) были учтены новые данные о распределении энергии в спектре Веги (поскольку в [11] она служила промежуточным стандартом), связанные как с изменением данных Солнца, так и с но-

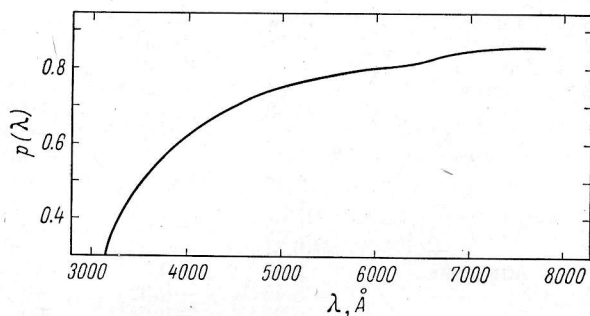


Рис. 4. Средние для Астрофизического института АН КазССР значения коэффициента прозрачности земной атмосферы в разных длинах волн.

выми наблюдениями [16—18] этой звезды. Распределение энергии в спектре  $\beta$  Тау, выведенное на основе вышеназванных работ и использованное при спектрофотометрии Плеяд, дано в последнем столбце табл. 3.

Исследуемые звезды Плеяд и стандарт  $\beta$  Тау наблюдались при близких значениях атмосферной массы  $M(z)$ , что было очень легко осуществить, так как эти объекты проходят через околоразенитную область. В среднем разность значений  $\Delta M(z)$  для звезд в Плеядах и для  $\beta$  Тау составляла около 0.1, а различие во времени наблюдений — 30–40 мин. Дифференциальная экстинкция учитывалась по средним для Астрофизического института значениям коэффициентов спектральной прозрачности  $p(\lambda)$ , полученным по материалам [11, 16]. Средние значения  $p(\lambda)$  приведены на рис. 4.

### § 3. ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Сведения об исследованных звездах приведены в табл. 1. Звездные величины и показатели цвета даны в системе  $UBV$  согласно Джонсону и Митчеллу [19].

Точность результатов характеризуется данными табл. 2, в которой для каждой звезды указана средняя квадратичная ошибка величин  $E(\lambda)$  в разных интервалах длин волн. Она определялась на основании разброса значений  $E(\lambda)$ , найденных в разные ночи наблюдений, и поэтому характеризует лишь внутреннюю точность результатов, которые, возможно, содержат систематическую ошибку в 1–2%, обусловленную погрешностью данных о распределении энергии в спектре  $\beta$  Тау. Ухудшение точности на участке  $\lambda > 7100 \text{ \AA}$  связано с уменьшением величины отсчетов в этой области.

Основные результаты — внеатмосферное распределение энергии в спектрах звезд (т. е. монохроматические освещенности  $E(\lambda)$ , выраженные в  $\text{эрг} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ ) приведены в табл. 3. Большинство значений  $E(\lambda)$  дано с тремя значащими цифрами, так как точность относительного хода кривых  $E(\lambda)$  выше, чем точность абсолютных значений, характеризуемая табл. 2. Величины  $E(\lambda)$  относятся к неискаженному линиями непрерыв-

ТАБЛИЦА 1

## Основные данные об исследованных звездах в Плеядах

№ по каталогу		Название звезды	V	U-B	B-V	Спектральный класс
Биннен- дайка	HD					
117	23288	Целена	5 <sup>m</sup> 46	-0 <sup>m</sup> 33	-0 <sup>m</sup> 04	B7 IV
126	23302	Электра	3.71	-0.41	-0.11	B6 III
150	23324	18m Тау	5.65	-0.36	-0.07	B8 V
156	23338	Тайгета	4.31	-0.46	-0.11	B6 V
242	23408	Майя	3.88	-0.40	-0.07	B7 III
255	23432	Астеропа I	5.76	-0.23	-0.04	B8 V
265	23441	Астеропа II	6.43	-0.15	-0.02	B9 V
323	23480	Меропа	4.18	-0.43	-0.06	B6 IV
436	23568	—	6.82	-0.07	+0.02	B9 V
508	23629	—	6.29	-0.02	+0.02	A0
540	23642	—	6.81	-0.02	+0.06	B9
542	23630	Альциона	2.87	+0.34	-0.09	B7 III
722	23753	—	5.45	-0.32	-0.07	B8 V
742	23763	—	6.95	+0.09	+0.12	A0
870	23850	Атлас	3.64	-0.36	-0.08	B8 III
878	23862	Плейона	5.09	-0.28	-0.08	B8p
910	23873	—	6.60	-0.12	-0.03	A0 V
977	23923	—	6.17	-0.19	-0.05	B9 V
998	23964	—	6 <sup>m</sup> 74	-0 <sup>m</sup> 06	+0 <sup>m</sup> 06	A0

ТАБЛИЦА 2

Средние квадратичные ошибки (относительные) величин  $E(\lambda)$  в разных интервалах длин волн (в %)

Звезда	Число ночей наблюдений	Интервалы длин волн, Å					
		3200—3650	3650—4100	4100—5000	5000—6200	6200—7100	7100—7900
Целена	5	2.6	2.5	2.4	2.4	2.4	4.7
Электра	4	2.1	1.7	1.9	1.9	1.9	3.9
18m Тау	5	2.9	4.9	1.9	1.9	1.9	5.1
Тайгета	4	2.4	1.7	2.9	2.9	2.9	4.6
Майя	5	1.8	2.4	1.7	1.7	1.7	2.7
Астеропа I	5	4.3	4.6	2.6	2.6	5.6	3.9
Астеропа II	5	4.7	5.0	5.6	5.6	5.6	11.4
Меропа	5	2.4	4.0	2.7	2.7	2.7	5.2
HD 23568	5	3.2	3.7	4.0	4.0	4.0	5.3
HD 23629	3	7.9	5.0	7.0	7.0	7.0	6.9
HD 23642	5	2.4	4.0	4.5	4.5	4.5	8.5
Альциона	4	3.0	2.7	3.5	3.5	3.5	3.5
HD 23753	5	3.5	3.4	5.8	2.8	2.8	—
HD 23763	5	4.2	4.3	5.0	5.0	5.0	—
Атлас	4	1.8	3.3	2.6	2.6	2.6	6.5
Плейона	4	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	7.1
HD 23873	5	6.6	6.1	5.5	5.5	5.5	—
HD 23923	5	2.4	2.6	4.9	4.9	4.9	—
HD 23964	5	4.7	3.7	3.7	3.7	3.7	9.1

ТАБЛИЦА 3

Монохроматические освещенности  $E(\lambda)$  в эрг.  $\text{см}^{-2} \cdot \text{сек.}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ ,  
создаваемые яркими звездами Плеяд вне земной атмосферы

Длина волны, $\lambda$ , $\text{\AA}$	Целена	Электра	18m Tau	Тайгета	Майя
1	2	3	4	5	6
3200	$365 \cdot 10^{-5}$	$200 \cdot 10^{-4}$	$353 \cdot 10^{-5}$	$138 \cdot 10^{-4}$	$168 \cdot 10^{-4}$
3250	362	199	350	135	166
3300	358	198	345	132	165
3350	354	196	340	129	163
3400	350	195	334	127	161
3450	346	192	328	125	159
3500	340	189	322	122	157
3550	335	186	315	119	154
3600	330	183	308	117	152
3650	327	181	302	115	150
3700	353	210	318	121	157
3750	398	262	385	153	215
3800	470	270	456	163	229
3850	504	273	476	164	235
3900	522	275	486	164	239
3950	533	275	486	164	239
4000	539	273	481	164	234
4050	538	271	472	162	228
4100	528	266	461	159	222
4150	517	261	450	154	218
4200	505	255	438	151	213
4250	495	249	426	147	208
4300	480	242	414	142	202
4350	464	233	402	138	196
4400	447	224	387	133	189
4450	432	217	373	128	182
4500	419	210	360	123	176
4550	408	204	349	120	171
4600	396	199	339	117	167
4650	386	193	330	113	162
4700	376	186	320	110	157
4750	365	179	312	106	153
4800	353	173	303	$102 \cdot 10^{-4}$	148
4850	343	168	294	$990 \cdot 10^{-5}$	144
4900	334	164	285	958	140
4950	324	159	275	928	137
5000	315	154	266	900	133
5050	305	149	259	875	129
5100	297	145	251	852	125
5150	290	142	245	829	122
5200	282	138	238	806	119
5250	276	134	232	785	116
5300	267	131	226	762	113
5350	260	127	220	740	109
5400	254	124	214	718	107
5450	248	120	207	695	105
5500	242	117	201	676	102
5550	236	113	195	658	$990 \cdot 10^{-5}$
5600	229	110	189	640	959
5650	223	106	184	619	929
5700	217	102	178	596	900
5750	211	$988 \cdot 10^{-5}$	173	575	876
5800	205	956	168	555	850
5850	199	926	162	535	826
5900	192	896	156	518	800
5950	186	868	151	500	770
6000	181	839	145	483	746
6050	176	812	140	466	725
6100	171	790	136	451	706
6150	$166 \cdot 10^{-5}$	$771 \cdot 10^{-5}$	$133 \cdot 10^{-5}$	$384 \cdot 10^{-5}$	$690 \cdot 10^{-5}$

Т А Б Л И Ц А 3 (продолжение)

Длина волны, $\lambda$ , $\text{\AA}$	Целена	Электра	18m Tau	Тайгета	Майя
1	2	3	4	5	6
6200	$161 \cdot 10^{-5}$	$754 \cdot 10^{-5}$	$130 \cdot 10^{-5}$	$426 \cdot 10^{-5}$	$675 \cdot 10^{-5}$
6250	157	738	127	415	662
6300	154	725	123	406	650
6350	150	712	120	400	634
6400	146	700	117	394	624
6450	142	687	113	389	614
6500	138	676	110	380	602
6550	135	665	108	373	591
6600	132	651	105	365	580
6650	129	640	103	355	569
6700	126	627	101	348	560
6750	123	614	99	339	551
6800	120	601	97	331	544
6850	116	589	95	324	535
6900	113	575	93	316	525
6950	110	561	91	309	515
7000	107	548	89	301	505
7050	104	535	87	294	495
7100	100	523	85	285	485
7150	97	510	83	276	475
7200	94	495	82	268	460
7250	90	478	80	260	452
7300	87	464	79	253	440
7350	84	450	77	246	426
7400	81	435	76	241	415
7450	78	422	74	236	402
7500	76	411	72	230	392
7550	73	401	$71 \cdot 10^{-5}$	223	382
7600	71	390	—	215	370
7650	69	383	—	210	360
7700	67	377	—	206	350
7750	$65 \cdot 10^{-5}$	372	—	201	340
7800	—	366	—	197	$330 \cdot 10^{-5}$
7850	—	362	—	194	—
7900	—	$356 \cdot 10^{-5}$	—	$190 \cdot 10^{-5}$	—

Длина волны, $\lambda$ , $\text{\AA}$	Астеропа I	Астеропа II	Меропа	HD 23568	HD 23629
1	7	8	9	10	11
3200	—	—	$135 \cdot 10^{-4}$	$690 \cdot 10^{-6}$	$108 \cdot 10^{-5}$
3250	$245 \cdot 10^{-5}$	$114 \cdot 10^{-5}$	134	690	109
3300	246	114	134	690	112
3350	246	115	133	692	115
3400	244	115	132	695	118
3450	241	116	130	698	119
3500	239	116	127	700	118
3550	235	113	125	701	116
3600	233	111	123	702	115
3650	231	110	123	703	115
3700	235	120	138	705	121
3750	320	155	173	$955 \cdot 10^{-6}$	158
3800	360	183	179	$111 \cdot 10^{-5}$	188
3850	373	196	179	124	210
3900	385	205	180	132	224
3950	397	211	179	139	240
4000	411	218	177	144	249
4050	413	219	175	144	249
4100	$404 \cdot 10^{-5}$	$215 \cdot 10^{-5}$	$172 \cdot 10^{-4}$	$143 \cdot 10^{-5}$	$243 \cdot 10^{-5}$



ТАБЛИЦА 3 (продолжение)

Длина волны, $\lambda$ , $\text{\AA}$	Астеропа I	Астеропа II	Меропа	HD 23568	HD 23629
1	7	8	9	10	11
4150	$394 \cdot 10^{-5}$	$211 \cdot 10^{-5}$	$168 \cdot 10^{-4}$	$141 \cdot 10^{-5}$	$238 \cdot 10^{-5}$
4200	386	205	164	138	232
4250	375	200	161	134	227
4300	363	194	156	130	220
4350	352	188	151	126	215
4400	341	183	145	122	209
4450	328	178	141	119	203
4500	317	173	137	115	196
4550	308	168	132	113	191
4600	302	164	129	110	185
4650	295	159	125	108	179
4700	286	155	120	105	173
4750	278	151	116	$102 \cdot 10^{-5}$	167
4800	269	147	113	$990 \cdot 10^{-6}$	162
4850	259	143	110	960	157
4900	250	139	106	935	153
4950	243	135	103	908	149
5000	237	131	$101 \cdot 10^{-4}$	884	145
5050	231	126	$980 \cdot 10^{-5}$	858	142
5100	226	123	956	832	139
5150	221	120	935	810	135
5200	216	117	913	782	132
5250	211	114	890	760	129
5300	206	111	865	738	126
5350	200	109	843	720	123
5400	194	106	820	702	120
5450	188	103	800	685	117
5500	183	101	776	666	114
5550	177	98	753	650	111
5600	171	95	730	631	108
5650	166	92	708	617	104
5700	160	90	686	600	101
5750	155	87	665	585	98
5800	150	84	641	568	95
5850	145	80	620	551	92
5900	140	78	600	$535 \cdot 10^{-6}$	90
5950	136	75	580	$52 \cdot 10^{-5}$	87
6000	131	$72_5$	565	50	85
6050	127	70	549	49	82
6100	124	$67_5$	530	$47_5$	80
6150	121	66	517	46	78
6200	118	64	510	45	75
6250	116	63	501	$43_5$	73
6300	114	61	494	42	71
6350	111	60	486	41	$69_5$
6400	109	59	476	40	$67_5$
6450	107	58	468	39	66
6500	104	57	460	38	65
6550	102	56	453	37	63
6600	100	55	445	36	62
6650	99	54	435	35	60
6700	97	53	425	35	59
6750	95	52	419	34	58
6800	94	$51_5$	411	$33_5$	57
6850	92	$50_5$	404	$32_5$	$56_5$
6900	90	$50_5$	396	$32_5$	$55_5$
6950	88	49	386	31	$54_5$
7000	86	48	376	30	$53_5$
7050	84	$46_5$	367	29	$52_5$
7100	82	45	359	28	$51_5$
7150	80	44	351	$27_5$	$50_5$
7200	78	$42_5$	343	27	$49_5$
7250	$77 \cdot 10^{-5}$	$41 \cdot 10^{-5}$	$336 \cdot 10^{-5}$	$26_5 \cdot 10^{-5}$	$48_5 \cdot 10^{-5}$

ТАБЛИЦА 3 (продолжение)

Длина волны, $\lambda$ , $\text{\AA}$	Астеропа I	Астеропа II	Меропа	HD 23568	HD 23629
1	7	8	9	10	11
7300	$75 \cdot 10^{-5}$	$40 \cdot 10^{-5}$	$329 \cdot 10^{-5}$	$25_5 \cdot 10^{-5}$	$48 \cdot 10^{-5}$
7350	73	$38_5$	323	25	47
7400	71	$37_5$	315	$24_5$	46
7450	70	37	308	24	$45_5$
7500	69	36	300	$23 \cdot 10^{-5}$	$44_5$
7550	67	—	295	—	$43_5$
7600	65	—	289	—	$42_5$
7650	64	—	284	—	$42 \cdot 10^{-5}$
7700	63	—	$280 \cdot 10^{-5}$	—	—
7750	62	—	—	—	—
7800	$61 \cdot 10^{-5}$	—	—	—	—
7850	—	—	—	—	—
7900	—	—	—	—	—

Длина волны $\lambda$ , $\text{\AA}$	Альциона	HD 23642	HD 23753	HD 23763	Атлас
1	12	13	14	15	16
3200	$403 \cdot 10^{-4}$	$600 \cdot 10^{-6}$	$352 \cdot 10^{-5}$	$440 \cdot 10^{-6}$	$211 \cdot 10^{-4}$
3250	399	593	352	445	207
3300	396	586	352	450	201
3350	392	580	351	458	196
3400	389	575	350	463	192
3450	384	575	349	470	189
3500	379	571	346	474	186
3550	375	570	342	476	183
3600	370	572	336	480	180
3650	367	576	331	495	179
3700	405	610	340	530	205
3750	600	755	455	640	265
3800	650	$890 \cdot 10^{-6}$	510	750	293
3850	658	$102 \cdot 10^{-5}$	536	850	297
3900	661	118	556	$950 \cdot 10^{-6}$	298
3950	652	127	567	$104 \cdot 10^{-5}$	299
4000	633	133	574	110	299
4050	614	134	571	113	297
4100	597	132	554	113	290
4150	580	130	539	112	283
4200	563	127	524	110	277
4250	549	124	511	108	270
4300	532	121	496	106	261
4350	514	119	481	103	250
4400	498	116	467	$100 \cdot 10^{-5}$	241
4450	481	113	452	$980 \cdot 10^{-6}$	233
4500	466	110	437	960	226
4550	455	107	424	930	220
4600	442	105	413	910	214
4650	429	$102 \cdot 10^{-5}$	401	890	208
4700	415	$995 \cdot 10^{-6}$	388	874	202
4750	402	968	375	855	195
4800	389	940	363	838	189
4850	377	911	355	820	184
4900	365	885	346	800	178
4950	355	860	336	780	173
5000	344	838	325	760	169
5050	334	816	315	742	164
5100	326	798	307	725	160
5150	319	780	300	710	156
5200	312	766	292	695	152
5250	$305 \cdot 10^{-4}$	$752 \cdot 10^{-6}$	$285 \cdot 10^{-5}$	$680 \cdot 10^{-6}$	$148 \cdot 10^{-4}$

Т А Б Л И Ц А 3 (продолжение)

Длина волны, $\lambda$ , $\text{\AA}$	Альциона	HD 23642	HD 23753	HD 23763	Атлас
1	12	13	14	15	16
5300	$298 \cdot 10^{-4}$	$738 \cdot 10^{-6}$	$277 \cdot 10^{-5}$	$662 \cdot 10^{-6}$	$144 \cdot 10^{-4}$
5350	290	720	270	647	140
5400	282	703	263	635	136
5450	273	685	256	622	132
5500	264	668	250	610	129
5550	255	653	241	595	125
5600	247	635	234	580	122
5650	240	620	228	565	118
5700	232	602	221	555	114
5750	225	586	214	540	111
5800	218	575	207	528	108
5850	212	560	201	515	104
5900	205	545	195	502	$101 \cdot 10^{-4}$
5950	198	530	189	490	$974 \cdot 10^{-5}$
6000	191	515	182	476	942
6050	186	504	176	465	915
6100	182	495	169	454	890
6150	177	485	164	442	870
6200	174	475	160	430	850
6250	170	465	156	$420 \cdot 10^{-5}$	836
6300	167	458	152	$41 \cdot 10^{-5}$	822
6350	164	450	148	40	810
6400	161	442	144	39	800
6450	158	435	141	39	785
6500	156	430	138	38	770
6550	153	424	135	38	760
6600	151	416	132	37	750
6650	149	410	129	37	735
6700	146	403	126	36	720
6750	144	395	123	36	705
6800	141	389	121	35	685
6850	138	382	119	35	664
6900	134	376	117	34	647
6950	131	372	115	34	630
7000	128	368	112	$33_5$	613
7050	125	361	110	$33$	595
7100	122	356	108	$32_5$	580
7150	118	351	106	32	560
7200	115	$346 \cdot 10^{-5}$	104	$31 \cdot 10^{-5}$	545
7250	112	$34 \cdot 10^{-5}$	101	—	530
7300	109	$33_5$	99	—	515
7350	106	$33$	97	—	505
7400	104	$32_5$	95	—	492
7450	100	$32$	93	—	485
7500	98	31	91	—	470
7550	95	$30_5$	90	—	464
7600	92	$29_5$	88	—	$455 \cdot 10^{-5}$
7650	89	29	87	—	—
7700	86	28	$86 \cdot 10^{-5}$	—	—
7750	83	$27_5$	—	—	—
7800	80	$27 \cdot 10^{-5}$	—	—	—
7850	78	—	—	—	—
7900	$75 \cdot 10^{-4}$	—	—	—	—

Длина волны, $\lambda$ , $\text{\AA}$	Плейона	HD 23873	HD 23923	HD 23964	Стандарт $\beta$ Tau
1	17	18	19	20	21
3200	$588 \cdot 10^{-5}$	—	$148 \cdot 10^{-5}$	$670 \cdot 10^{-6}$	$158 \cdot 10^{-3}$
3250	586	$940 \cdot 10^{-6}$	147	672	156
3300	582	936	146	675	154

ТАБЛИЦА 3 (продолжение)

Длина волны, $\lambda$ , $\text{\AA}$	Плейона	HD 23873	HD 23923	HD 23964	Стандарт $\beta$ Tau
1	17	18	19	20	21
3350	$585 \cdot 10^{-5}$	$935 \cdot 10^{-6}$	$145 \cdot 10^{-5}$	$677 \cdot 10^{-6}$	$152 \cdot 10^{-3}$
3400	579	930	144	680	150
3450	571	930	143	685	147
3500	562	925	142	688	144
3550	547	910	141	690	141
3600	536	890	140	694	138
3650	536	880	139	695	135
3700	620	$940 \cdot 10^{-6}$	153	710	141
3750	790	$116 \cdot 10^{-5}$	200	$830 \cdot 10^{-6}$	170
3800	818	138	220	$103 \cdot 10^{-5}$	185
3850	825	151	232	115	194
3900	828	163	250	130	198
3950	828	173	260	140	198
4000	820	180	262	145	195
4050	805	182	261	147	192
4100	783	180	257	146	188
4150	764	176	251	144	182
4200	744	172	246	142	177
4250	724	169	239	139	172
4300	707	165	232	135	165
4350	686	162	225	132	160
4400	664	159	217	129	154
4450	640	156	209	125	148
4500	618	153	204	121	143
4550	598	150	198	118	139
4600	581	146	192	114	135
4650	568	143	187	110	130
4700	552	140	183	107	126
4750	534	136	178	103	122
4800	520	132	173	100	118
4850	504	128	167	$97_5$	114
4900	487	124	162	94	111
4950	472	120	157	91	107
5000	460	116	152	$88_5$	104
5050	447	112	148	$86_5$	$101 \cdot 10^{-3}$
5100	434	109	144	$84_5$	$980 \cdot 10^{-4}$
5150	423	106	140	82	952
5200	412	$102 \cdot 10^{-5}$	136	$80_5$	925
5250	402	$985 \cdot 10^{-6}$	132	79	900
5300	391	950	128	77	875
5350	380	915	124	75	845
5400	369	883	120	73	820
5450	359	852	117	71	795
5500	348	821	114	69	770
5550	338	794	111	67	745
5600	328	766	107	66	725
5650	318	740	104	64	702
5700	308	716	101	$62_5$	680
5750	298	692	98	61	658
5800	288	667	95	59	637
5850	280	641	$92_5$	$57_5$	617
5900	272	$620 \cdot 10^{-6}$	90	56	604
5950	264	$60 \cdot 10^{-5}$	88	$54_5$	590
6000	255	58	$85_5$	53	575
6050	248	$56_5$	$83_5$	52	560
6100	241	55	82	51	545
6150	234	$53_5$	80	50	530
6200	229	52	78	49	520
6250	224	51	77	48	510
6300	220	$49_5$	75	47	500
6350	216	48	74	46	490
6400	$212 \cdot 10^{-5}$	$47 \cdot 10^{-5}$	$72_5 \cdot 10^{-5}$	$45 \cdot 10^{-5}$	$480 \cdot 10^{-4}$

ТАБЛИЦА 3 (продолжение)

Длина волны, $\lambda$ , $\text{\AA}$	Плеяона	HD 23873	HD 23923	HD 23964	Стандарт $\beta$ Tau
1	17	18	19	20	21
6450	$208 \cdot 10^{-5}$	$45_5 \cdot 10^{-5}$	$71_5 \cdot 10^{-5}$	$44 \cdot 10^{-5}$	$468 \cdot 10^{-4}$
6500	203	44	$70_5$	43	460
6550	199	43	69	$42_5$	453
6600	196	42	68	$41_5$	442
6650	192	$40_5$	$66_5$	41	435
6700	189	39	65	$40_5$	428
6750	186	38	$63_5$	40	420
6800	182	37	62	39	410
6850	179	36	60	38	400
6900	175	35	$58_5$	37	392
6950	172	34	57	36	385
7000	168	33	56	35	373
7050	163	32	55	34	365
7100	159	$31 \cdot 10^{-5}$	$54 \cdot 10^{-5}$	33	355
7150	155	—	—	32	346
7200	151	—	—	30	338
7250	148	—	—	29	330
7300	145	—	—	$28_5$	323
7350	143	—	—	$27 \cdot 10^{-5}$	315
7400	140	—	—	—	305
7450	138	—	—	—	297
7500	135	—	—	—	290
7550	132	—	—	—	280
7600	130	—	—	—	271
7650	129	—	—	—	263
7700	128	—	—	—	255
7750	127	—	—	—	248
7800	$126 \cdot 10^{-5}$	—	—	—	243
7850	—	—	—	—	238
7900	—	—	—	—	$234 \cdot 10^{-4}$

ному спектру. У звезд ранних спектральных классов непрерывный и интегральный спектры практически совпадают вдали от бальмеровских линий, а на длины волн этих последних непрерывный спектр можно уверенно проинтерполировать. Исключение составляет область бальмеровского скачка,  $\lambda\lambda$  3700—3800  $\text{\AA}$ , где водородные линии сильно сгущены и где заметно сказывается недостаточная разрешающая сила прибора, приводящая к инструментальному перераспределению интенсивностей между узкими деталями спектра: линиями и «пиками» между ними. К тому же «пики» не представляют «истинный» непрерывный спектр — они понижены перекрывающимися крыльями линий. Провести неискаженный непрерывный спектр здесь практически невозможно, и в табл. 3 для этих длин волн приводятся данные об интегральном спектре. Точность измерений здесь весьма низкая.

Зимой 1963—1964 г. одним из авторов производились наблюдения 14 звезд в Плеядах в интервале 3200—6400  $\text{\AA}$  [20]. Стандартами служили звезды  $\zeta$  Per,  $\beta$  Agi и  $\gamma$  Ogi, распределение энергии в спектре которых было взято из работы [11]. Привлечение результатов других исследований, в частности [12—14, 21, 22], для уточнения спектральных кривых  $\beta$  Agi и  $\gamma$  Ogi практически не изменило данных [11]. Между тем новые наблюдения  $\zeta$  Per, выполненные в Астрофизическом институте в 1968 г., показали, что для этой звезды величины  $E(\lambda)$  из [11] несколько занижены, по-разному в разных длинах волн. Коэффициент перехода  $E_{\text{нов}}/E_{\text{стар}} = 1 + K(\lambda)$  на участке 3200—6400  $\text{\AA}$  меняется от 1.16 до 1.01. В 1963—1964 гг. каждая звезда Плеяд «привязывалась» обычно к двум стандартам, причем одним из них всегда была  $\zeta$  Per. Поэтому, прежде чем сравнивать но-

вые результаты наблюдений Плеяд с прежними, нужно для прежних результатов учесть уточненное распределение энергии в спектре  $\zeta$  Пер.

Учет осуществляется умножением  $E_{\text{стар}}(\lambda)$  для звезд в Плеядах на величину  $1+K(\lambda)/2$ . После внесения этих поправок согласие результатов 1963—1964 гг. и 1969—1970 гг. становится очень хорошим, что иллюстрируется рис. 5, на котором изображены старые и новые данные для Ме-

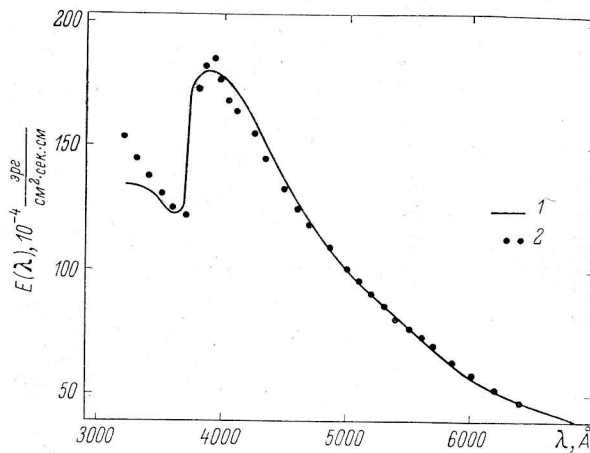


Рис. 5. Сравнение распределения энергии в спектре Меропы, полученного в настоящей работе (1), с результатами 1963—1964 гг. (2).

Изменение данных о стандарте ( $\zeta$  Пер) учтено.

ропы. Различие величин  $E(\lambda)$ , кроме точек при  $\lambda \leq 3400 \text{ \AA}$ , лежит в пределах ошибок. Это обстоятельство может служить некоторым дополнительным аргументом в пользу вывода А. С. Шарова [23] об отсутствии изменений блеска ярких звезд в Плеядах.

ТАБЛИЦА 4

Эквивалентные ширины бальмеровских линий (в  $\text{\AA}$ )

Звезда	Спектральные линии				
	$H_{\alpha}$	$H_{\beta}$	$H_{\gamma}$	$H_{\delta}$	$H_{\epsilon}$
Целена	4.9	12.7	9.2	9.2	8.8
Электра	5.3	8.4	7.6	5.4	7.0
18m Tau	—	13.0	10.2	9.2	8.4
Тайгета	5.4	8.0	9.0	7.2	8.0
Майя	4.0	7.0	7.4	—	9.3
Астеропа I	5.5	13.6	10.4	11.0	8.4
Астеропа II	—	12.7	9.5	13.3	8.6
Меропа	5.8 (эмис.)	6.4	5.8	5.8	6.7
HD 23568	—	12.5	13.0	12.6	11.3
HD 23629	4.4	12.2	16.6	13.4	13.2
HD 23642	8.4	17.1	14.8	17.8	14.5
Альциона	9.2 (эмис.)	5.2	6.3	5.8	5.8
HD 23753	4.9	10.4	9.5	8.0	9.0
HD 23763	7.4	16.5	22.0	16.0	15.9
Атлас	5.0	8.0	7.2	6.0	7.5
Плейона	19.8 (эмис.)	5.6	8.8	5.2	7.0
HD 23873	7.6	22.0	15.0	12.0	12.4
HD 23923	6.2	14.2	10.0	10.3	9.6
HD 23964	—	20.2	21.8	16.5	14.4

Была сделана попытка определения эквивалентных ширин линий  $H_{\alpha}$ — $H_{\epsilon}$ . Их значения приведены в табл. 4. Точность — около  $\pm 1 \text{ \AA}$ . Найденные эквивалентные ширины примерно такие же, как и в работе Стока [24] для звезд соответствующих спектральных классов (они получены из наблюдений, аналогичных нашим).

В заключение выражаем глубокую признательность сотрудникам лаборатории абсолютной звездной спектрофотометрии Астрофизического института АН КазССР, особенно Т. В. Солодовниковой, обеспечившей работу электронной аппаратуры, и Л. Д. Фришберг, выполнившей все численные редукции на машине БЭСМ-3М.

#### Литература

1. В. Г. Фесенков, Д. А. Рожковский. Атлас газово-пылевых туманностей. М., 1953.
2. А. В. Курчаков, Тр. Астрофиз. инст. АН КазССР, 8, 41, 1967.
3. Ю. И. Глушков, Тр. Астрофиз. инст. АН КазССР, 11, 87, 1968.
4. В. А. Амбарцумян, Л. В. Мирзоян, Э. С. Парсамян, О. С. Чавушян, Л. К. Ерастова. Вспыхивающие звезды в Плеядах. Препринт № 1, Ереван, 1969.
5. В. С. Матягин, Изв. Астрофиз. инст. АН КазССР, 14, 47, 1962; 15, 32, 1962.
6. Н. Д. Калининков, А. В. Харитонов, Тр. Астрофиз. инст. АН КазССР, 8, 128, 1967.
7. О. Д. Дмитриевский и др., Усп. физ. наук, 64, 447, 1958.
8. А. М. Бонч-Бруевич. Применение электронных ламп в экспериментальной физике. Гостехиздат, М., 1954.
9. А. Хогленд. Цифровая магнитная запись. Изд-во «Советское радио», М., 1967.
10. Э. Л. Афраймович и др. В сб.: Новая техника в астрономии, вып. 4 (в печати).
11. А. В. Харитонов, Астр. ж., 40, 339, 1963.
12. И. Н. Глушневa, Астр. ж., 43, 80, 1966.
13. K. Vahner, Astrophys. J., 138, 1314, 1963.
14. W. K. Vonsak and J. Stock, Astrophys. J., 126, 99, 1957.
15. Е. А. Макарова, А. В. Харитонов, Астр. ж., 45, 752, 1968; Астрофиз. исслед. (Изв. САО), 1, 33, 1970.
16. А. В. Харитонов, Н. Ф. Нелюбин, Тр. Астрофиз. инст. АН КазССР, 8, 73, 1967.
17. И. Н. Глушневa, Астр. ж., 41, 212, 1964; Тр. ГАИШ, 34, 53, 1966.
18. J. V. Oke, Astrophys. J., 140, 689, 1964.
19. H. L. Johnson and R. I. Mitchell, Astrophys. J., 128, 31, 1958.
20. А. В. Харитонов, Астр. ж., 44, 669, 1967.
21. А. Д. Код. В кн.: Звездные атмосферы. Под ред. Дж. Гринстейна, ИЛ, М., 1963.
22. R. V. Willstrop, Mem. R. astr. Soc., 69, 3, 1965.
23. А. С. Шаров, Переменные звезды, 12, 391, 1960.
24. J. Stock, Astrophys. J., 123, 253, 1956.

Ноябрь 1970 г.