

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 10

ФЕВРАЛЬ, 1974

ВЫПУСК 1

СОБСТВЕННАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ В ИЗЛУЧЕНИИ μ СЕРВЕИ

Т. А. ПОЛЯКОВА

Поступила 30 октября 1973

Вновь определена межзвездная поляризация для μ Сер: $p = 1.5\%$, $\theta_E = 47^\circ$. Выведены собственная поляризация по наблюдениям 1957—1973 г.г. и кривые $p(\lambda)$ для собственной поляризации. Обнаружена связь между изменениями блеска и параметров собственной поляризации μ Сер. Дается качественное объяснение полученных результатов.

1. *Введение.* Поляризационные наблюдения полуправильной переменной μ Сер (M2 Ia) проводились на телескопах АО ЛГУ в течение восьми последних лет. Результаты этих наблюдений, опубликованные в статьях [1—5] и за 1972 г. в настоящей работе (табл. 3), хорошо согласуются с наблюдениями других авторов [6—10]. Однако имеющиеся длинные ряды поляризационных наблюдений этой звезды не могут быть использованы для выяснения природы поляризованного излучения μ Сер до тех пор, пока из них не исключена межзвездная составляющая поляризованного света.

Таблица 1
ПАРАМЕТРЫ МЕЖЗВЕЗДНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ В
ИЗЛУЧЕНИИ μ СЕР

Авторы	$p\%$	θ_E°	Литература
Варданян	0.7	55	[11]
Койн и Крушевски	~2.0	~45	[10]
Шаховской	1.2	7.6	[9]
Фридемани	0.8	45	[12]

Предпринимались попытки определения межзвездной поляризации в области μ Сер различными методами. За последние годы опубликованы результаты четырех оценок межзвездной поляризации в этой области, которые собраны в табл. 1.

Таблица 2

ЗВЕЗДЫ В ОКРЕСТНОСТИ μ СЕР

№ по карте	Звезда		P_V (%)	θ_V^*	V	B-V	U-B	S_p (MK)	A_V	$V_0 - M_V$
	HD, BD или α и δ 1971 г.	или								
1	239762		0.25	66	9 ^m 53	+0 ^m 37	+0 ^m 15	FOV	0 ^m 32	6 ^m 6
2	239558		2.0	52	9.50	+0.26	-0.54	B2 III	2.00	11.1
3	21 ^h 43 ^m 5 58°49'		1.7	44	10.17	+0.36	+0.15	B8 V	1.92	8.48
4	21 ^h 44 ^m 2 58°48'		1.5	46	10.79	+0.37	+0.22	A1 V	1.48	8.1
5	239746		1.5	31	9.92	+0.32	-0.33	B4 III	2.08	10.35
6	57°2377		0.5	40	10.12	+0.38	+0.18	A8 V	0.64	7.1
7	239738		1.5	47	8.57	+0.30	-0.43	B4 III	2.00	9.2
8	57°2394		0.5	70	10.46	+0.38	+0.10	A9 V	0.44	7.5
9	57°2389		1.1	50	10.24	+0.29	+0.08	B9 V	1.44	8.6
10	21 ^h 44 ^m 8 58°27'		1.7	57	11.27	+0.35	+0.04	B8 V	1.88	9.6

Как видно из табл. 1, согласие между полученными параметрами поляризации неудовлетворительно. Например, несколько неожиданно значение позиционного угла, полученное Шаховским. Судя по вытянутости вдоль галактического экватора плотных образований темной материи, видимых на картах Паломарского атласа, можно ожидать, что позиционный угол в этой области будет близок к 50° .

Так как выбрать лучшие из параметров, приведенных в табл. 1, или вывести среднее затруднительно, мы решили, что целесообразно произвести специальные наблюдения звезд, расположенных поблизости от μ Сер, чтобы с их помощью вывести еще раз межзвездную поляризацию для μ Сер.

2. *Наблюдения.* Необходимые звезды выбирались по снимку, полученному на пленке А-500 с объективной призмой на менисковом телескопе системы Максудова (МТМ-200, $D = 200$ мм), по следующим критериям: 1) расстояние от μ Сер не должно превышать 0.5° ; 2) спектральный класс звезды должен быть ранним; 3) звезды должны быть достаточно яркими, чтобы можно было выполнить для них двумерную

спектральную классификацию по полученной нами пластинке (обратная дисперсия 300 А/мм у H_{γ}). Было выбрано 10 звезд $9^m + 11^m$, отвечающих этим условиям.

Спектральная классификация в системе МК выполнялась глазомерно и по измерениям линии H_{γ} . Спектрограммы были записаны с помощью саморегистрирующего микрофотометра, и основным критерием при определении классов светимости служила эквивалентная ширина линии H_{γ} . Полученная классификация проверялась по положению звезд на двухцветной диаграмме. Ошибка составляет 1 + 2 спектральных подкласса; гиганты и карлики разделялись уверенно.

Звездные величины и показатели цветов отобранных звезд определены в 1971 г. на электрофотометре с телескопом АЗТ-14 Бюраканской станции АО ЛГУ путем привязки к звездам HD 239758 и HD 206773, данные для которых были взяты из Каталога фотозлектрических величин [13]. Ошибки фотометрических определений составляют от 0^m02 в полосе V до 0^m05 в полосе U.

Параметры поляризации этих звезд определялись в 1967, 1970 и 1972 годах с помощью одноканального поляриметра [14]. Среднеквадратичная ошибка в определении параметров поляризации звезд ранних спектральных классов $9^m + 11^m$ с фильтром V не превышает 0.3%.

Результаты наблюдений помещены в табл. 2, названия столбцов в ней общепринятые. На рис. 1 показано расположение этих звезд и их поляризация.

Таблица 3

НАБЛЮДЕНИЯ μ Сер В 1972 г.

JD	p (%)				θ°				V	B-V
	R	V	B	U	R	V	B	U		
2441 378.54	—	1.1	1.4:	—	—	7	3	—	—	—
379.60	—	1.2	1.3:	—	—	4	10:	—	3^m93	$+2^m38$
382.36	—	1.2	—	—	—	163	—	—	3.93	+2.42
392.61	—	1.3	—	—	—	177	—	—	3.92	+2.37
428.46	—	—	—	—	—	—	—	—	3.91	+2.48
496.45	—	0.9	1.2	—	—	162	153	—	4.15	+2.36
558.5	0.7	1.0	1.4	0.1	1	164	163	160	—	—
587.46	—	—	—	1.0	—	—	—	159	—	—
589.39	0.9	1.2	1.15	—	1	173	162	—	—	—
679.31	—	1.2	—	—	—	179	—	—	4.03	+2.49

3. Межзвездная составляющая поляризации μ Сер. Излучение μ Сер характеризуется следующими параметрами:

\bar{V}	$\overline{B-V}$	M_V	$(B-V)_0$	Sp
4^m1	$+2^m3$	-6^m5	$+1^m62$ [15]	M2 Ia
			$+1^m71$ [16]	

Значение визуальной абсолютной звездной величины выбрано на основании работ Ли [16] и Стотерса [17].

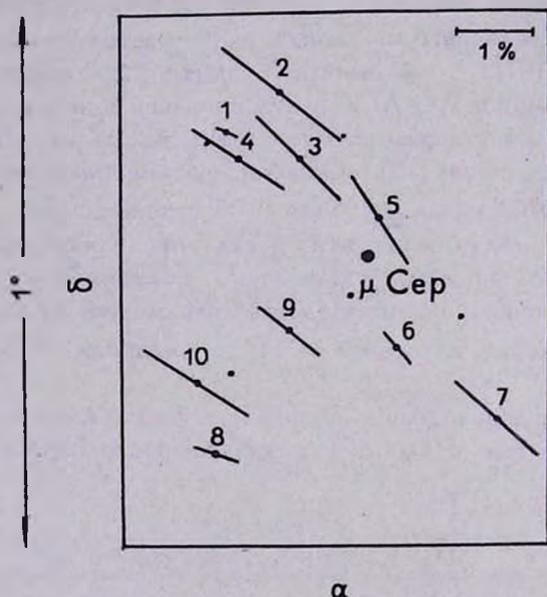


Рис. 1. Поляризация исследованных звезд около μ Сер.

При определении общего поглощения A_V в области μ Сер было положено $R = A_V / (E(B-V)) = 4$, как принял Джонсон в 1968 г. [15] для этого созвездия. В 1970 г. Ли [16] получил среднее значение $R = 3.6 \pm 0.3$, так что оценка Джонсона близка к верхнему пределу значения R , определенного Ли.

Для исследованных в области μ Сер звезд был построен график, дающий зависимость поглощения A_V от истинного модуля расстояния $V_0 - M_V$ (рис. 2). Так как A_V и $(V_0 - M_V)$ — величины взаимосвязанные, то по этому графику можно, положив сначала $V_0 = V$, путем последовательных приближений найти A_V для μ Сер:

$$A_V = 1^m83 \pm 0^m20.$$

Если же получить величину A_V для μ Сер путем умножения избытка цвета на фактор R , то будем иметь:

$$A_V = R \times E(B - V) \approx 2.^m7 + 2.^m4$$

для разных $(B-V)_0$ (из [15] и [16]). Разница между этими значениями A_V и межзвездным поглощением, полученным по наблюдениям соседних звезд, составляет $0.^m9 + 0.^m6$. Эту разницу, по-видимому, следует отнести за счет околосредней материи.

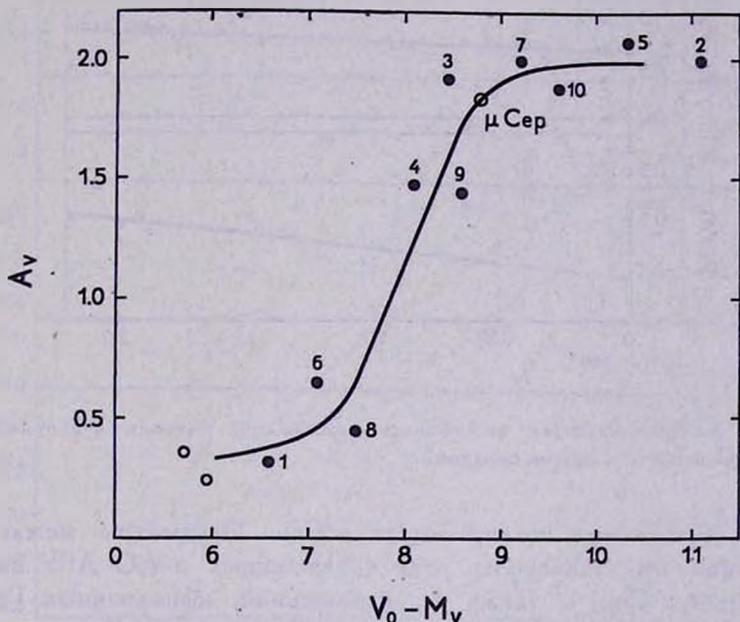


Рис. 2. Зависимость общего поглощения A_V от истинного модуля расстояния $V_0 - M_V$ в области μ Сер. Сплошными кружками обозначены звезды из табл. 2; два светлых кружка обозначают звезды BD+58°2314 и BD+58°2319, наблюдения для которых были выполнены в 1967 г. в АО ЛГУ (не опубликовано).

Из рис. 2 видно, что на расстоянии около 250 пс начинается область сильного поглощения, которая простирается до расстояния примерно 800 пс, и что μ Сер находится внутри этой поглощающей области, около ее дальней границы.

Поляризующая способность межзвездной материи в направлении на область μ Сер, определенная по окрестным звездам, приведена на графике (рис. 3). Прямые проведены способом наименьших квадратов.

При значении $A_V = 1^m 83$ для μ Сер были получены следующие параметры межзвездной поляризации:

$$p_x = -0.10\% \pm 0.10\%,$$

$$p_y = +1.51\% \pm 0.10\%,$$

или: $p = 1.5\%$ и $\theta_E = 47^\circ$.

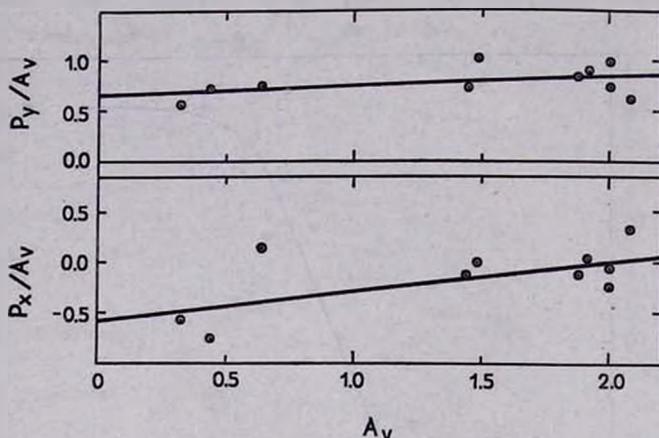


Рис. 3. Поляризующая способность межзвездной материя в направлении на область μ Сер по 10 близким звездам.

4. *Собственная поляризация μ Сер.* Параметры межзвездной поляризации вычитались из всех наблюдаемых в АО ЛГУ значений поляризации μ Сер, а также из наблюдений, выполненных Григоряном [7, 8], Вардадяном [6], Шаховским [9], Койном и Крушевски [10].

Полученная собственная поляризация приведена на рис. 4. Здесь же показаны изменения блеска μ Сер, а также наблюдаемая поляризация. Из рис. 4 видно, что собственная поляризация μ Сер меняется и по величине, и по направлению, а средняя величина степени поляризации такая же, как у межзвездной. Следует отметить, что Койн и Крушевски [10] в 1968 г. на основании анализа наблюдаемой поляризации μ Сер пришли к такому именно выводу о поведении и величине собственной поляризации μ Сер.

Достаточно частые наблюдения накоплены только с конца 1965 г., так что в дальнейшем поведение собственной поляризации будет здесь обсуждаться лишь с этого года.

Если для наблюдаемой поляризации связь с изменениями блеска не просматривалась, то в поведении собственной звездной поляриза-

ции такую связь можно увидеть. Например, если выделить, как это сделано на рис. 4, периоды увеличения блеска, то сразу заметно, что в эти периоды θ_V собственной поляризации быстро и сильно ($50^\circ \rightarrow 70^\circ$) убывает, а p_V изменяется мало. А в периоды между выделенными подъемами блеска степень поляризации изменяется сильно, достигая максимумов, в то время как угол θ_V , сначала увеличившись,

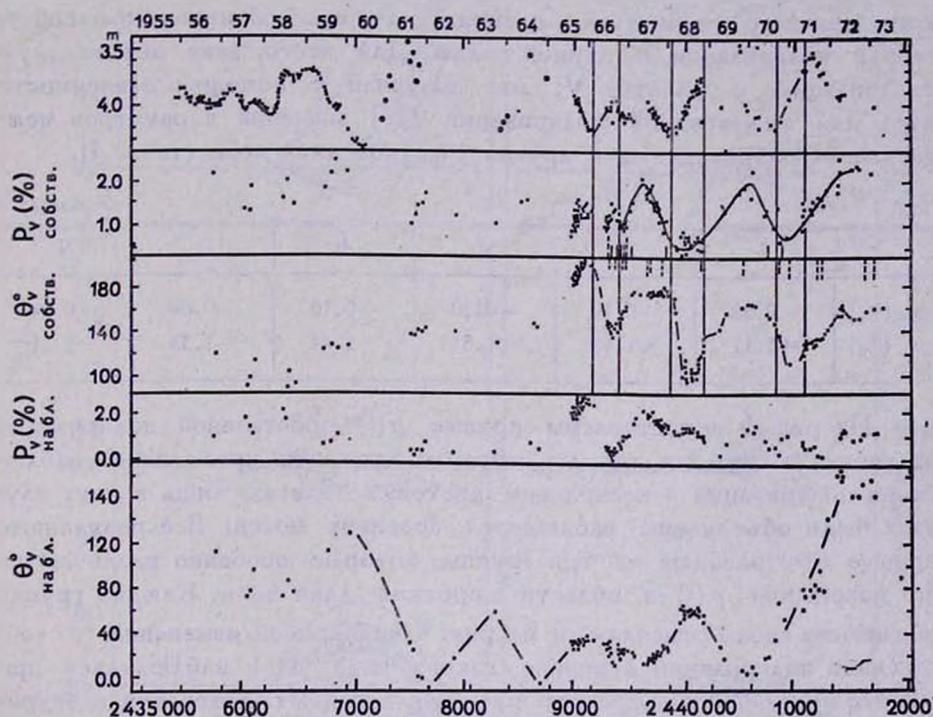


Рис. 4. Изменения блеска μ Сер и параметров поляризации собственной и наблюдаемой (источники те же, что в [18], плюс данные из [8—12]). Символами \perp обозначены моменты, когда наблюдается $p(\lambda)$ из групп I, II и III.

затем почти перестает изменяться. Увеличение угла происходит не равномерно, а наблюдаются „ступеньки“, причем, чем дальше от 1966 г., тем эти „ступеньки“ становятся все шире, и в целом к семидесятым годам картина поведения параметров собственной поляризации начинает искажаться. Может быть, это вызвано наложением явлений, связанных с циклом порядка $4500^d \rightarrow 5000^d$, обнаруженным в изменениях блеска μ Сер [18, 19]. Кстати, кривая изменений позиционного угла до вычитания межзвездной поляризации (рис. 4) очень наглядно

демонстрирует некоторую симметричность именно на таком длинном промежутке времени.

Столь сложное поведение параметров собственной поляризации и такая связь с изменениями блеска говорят, быть может, о двух различных механизмах поляризации излучения, из которых один действует во время подъема блеска, а другой — во время последующих изменений блеска.

Имеется еще возможность привлечь немногочисленный (для такого длинного промежутка времени) материал об изменениях собственной поляризации с длиной волны. Для этого, зная межзвездную поляризацию в фильтре V, мы получили с помощью зависимости $p(\lambda)$ для межзвездной поляризации [20] значения параметров межзвездной поляризации для других участков длин волн (табл. 4).

Таблица 4

	I	R	V	B	U	N
p_x (°/о)	-0.08	-0.10	-0.10	-0.10	-0.09	-0.04
p_y (°/о)	+1.11	+1.43	+1.51	+1.44	+1.33	+0.51

На рис. 5 представлены кривые $p(\lambda)$ собственной поляризации излучения μ Сер для тех дат, когда в одну ночь проводились наблюдения поляризации в нескольких цветовых полосах, лишь в двух случаях были объединены наблюдения соседних ночей. Все полученные кривые $p(\lambda)$ разбиты на три группы, которые особенно различаются по поведению $p(\lambda)$ в области коротких длин волн. Каждая группа обозначена своим символом, и на рис. 4 над кривой изменений θ_V собственной поляризации отмечено, какого вида $p(\lambda)$ наблюдалась при разных положениях плоскости преимущественных колебаний электрического вектора. Можно отметить, что кривые $p(\lambda)$ I вида, больше всего отвечающие закону λ^{-4} в синей области, группируются около тех мест, где наблюдаются сильные изменения угла θ_V и небольшие степени поляризации.

То, что $p(\lambda)$ излучения μ Сер изменяется так сильно и часто, вообще неудивительно. Дик и Дженнингс [21] для сверхгигантов поздних спектральных классов, поляризация которых не искажена межзвездной составляющей, получили, что $p(\lambda)$ меняется часто от ночи к ночи, то напоминая кривые, согласующиеся с законом λ^{-4} , то понижаясь в голубой конец спектра примерно так же, как в красный.

Мы видим, что поляризация излучения сверхгиганта μ Сер, освобожденная от межзвездной поляризации, ведет себя таким же об-

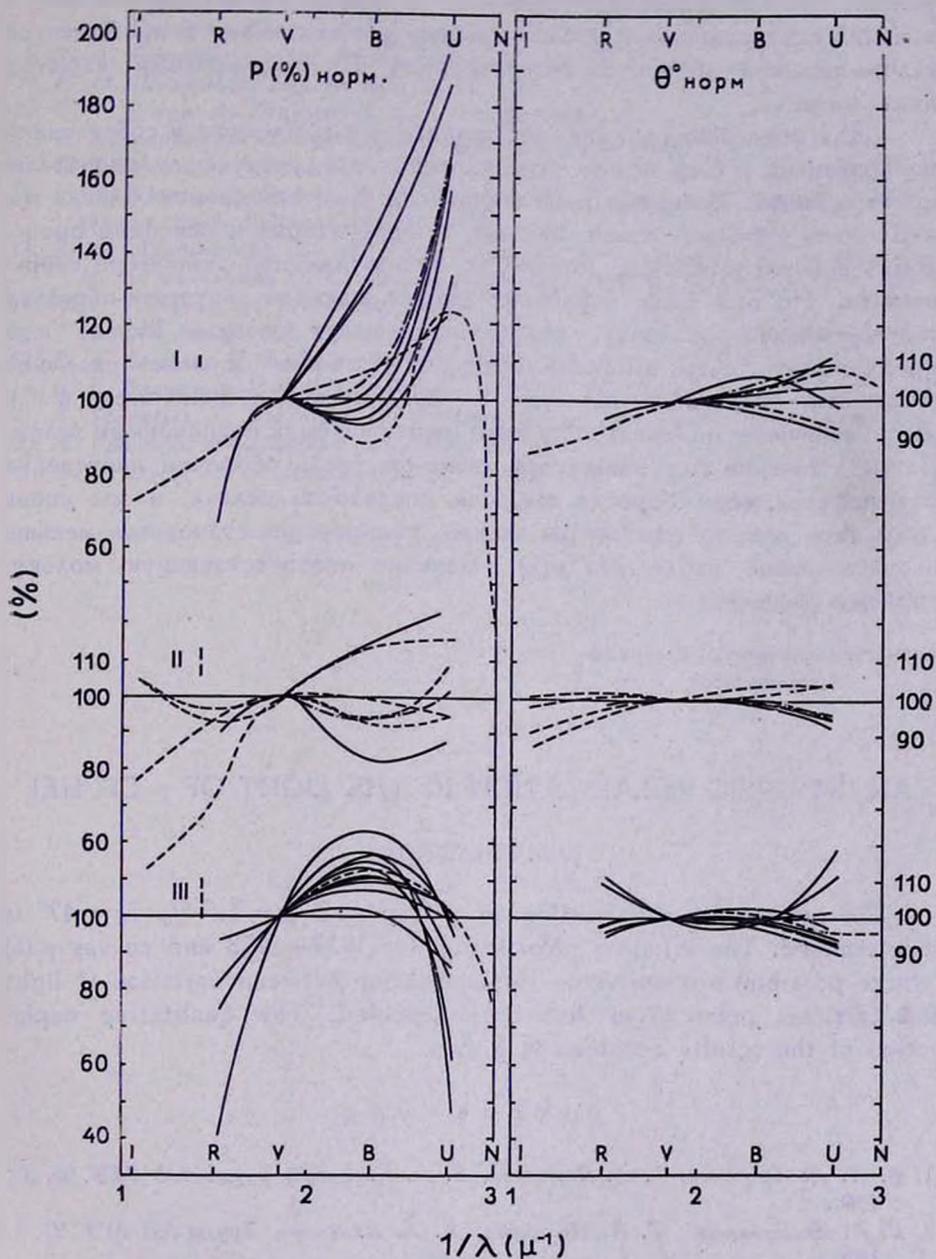


Рис. 5. Нормированные зависимости параметров собственной поляризации μ Сер от длины волны. Обозначения: — по наблюдениям, выполненным в АО ЛГУ, --- по наблюдениям Койна и Крушевски, -·-· по наблюдениям Шаховского.

разом. Дик и Дженнингс приходят к выводу, что в сверхгигантах поздних спектральных классов поляризация возникает в протяженной газовой-пылевой оболочке, ответственной за инфракрасный избыток этих звезд.

Для объяснения получившейся связи между блеском и собственной поляризацией μ Cep можно предположить следующую последовательность событий. Во время выделенных на рис. 4 подъемов блеска мы наблюдаем уярчение самой звезды, и поляризация в основном происходит при рассеянии на молекулах в протяженной атмосфере сверхгиганта. Но при этом нарастает выброс материи, которая образует газовой-пылевую оболочку, ослабляющую свет звезды. Можно еще предположить, что выбросы вещества тяготеют к экваториальной плоскости, тогда оболочка будет вытянутой и рассеяние света в ней даст увеличение поляризации с мало изменяющимся позиционным углом. Затем в течение года—полутора основная часть оболочки постепенно рассеивается, если скорость выброса достаточно велика, и мы снова наблюдаем свет от атмосферы звезды, поляризация становится меньше и опять можно наблюдать $p(\lambda)$, частично соответствующую молекулярному рассеянию.

Ленинградский государственный
университет

AN INTRINSIC POLARIZATION IN THE LIGHT OF μ CEPHEI

T. A. POLYAKOVA

The interstellar polarization of μ Cep with $p = 1.5\%$, $\theta_E = 47^\circ$ is redetermined. The intrinsic polarization for 1957—1973 and curves $p(\lambda)$ (where possible) are derived. The connection between variation of light and intrinsic polarization has been revealed. The qualitative explanation of the results obtained is given.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Домбровский, Т. А. Полякова, В. А. Яковлева, Труды АО ЛГУ, 25, 32, 1968.
2. В. А. Домбровский, Т. А. Полякова, В. А. Яковлева, Труды АО ЛГУ, 27, 3, 1970.
3. В. А. Домбровский, Т. А. Полякова, В. А. Яковлева, Труды АО ЛГУ, 28, 25, 1971.
4. В. А. Домбровский, Т. А. Полякова, В. А. Яковлева, Труды АО ЛГУ, 29, 45, 1972.

5. В. А. Домбровский, Т. А. Полякова, Труды АО ЛГУ, 30, 1973 (в печати).
6. Р. А. Варданян, Сообщ. Бюраканской обс., 37, 23, 1966.
7. К. А. Григорян, Сообщ. Бюраканской обс., 25, 45, 1958.
8. К. А. Григорян, Сообщ. Бюраканской обс., 27, 43, 1959.
9. Н. М. Шаховской, Изв. Кр.АО, 39, 11, 1969.
10. G. V. Соупе, A. Kuzzewski, A. J., 73, 20, 1968.
11. Р. А. Варданян, Сообщ. Бюраканской обс., 35, 3, 1964.
12. С. Friedemann, Astron. Nachr., 293, 179, 1972.
13. V. M. Blanco, S. Demers, G. G. Douglass, M. P. Fitzgerald, Photoelectric Catalogue, Publ. of Naval Obs. 21, 1970.
14. В. А. Домбровский, В. А. Гаген-Торн, С. М. Гуткевич, Т. А. Полякова, М. А. Свечников, О. С. Шулов, Труды АО ЛГУ, 22, 8, 1963.
15. H. L. Johnson, Ap. J., 149, 345, 1966.
16. T. A. Lee, Ap. J., 162, 217, 1970.
17. R. A. Stothers, P. A. S. P., 84, 373, 1972.
18. В. Б. Баласозло, Изв. АО Одесского ун-та, 2, 59, 1949.
19. S. Sharpless, K. Riegel, J. O. Willams, J. Roy. Ast. Soc. Canada, 60, 15, 1966.
20. М. Гринберг, Межзвездная пыль, Мир, М., 1970.
21. Н. М. Дыск, М. С. Jennings, A. J., 76, 432, 1971.