

В. А. Домбровский

Изучение поляризации света звезд в области звездной ассоциации цефей I.

(Представлено В. А. Амбарцумяном 3 IX 1950)

После того как В. В. Соболев⁽¹⁾ и затем Чандрасекар⁽²⁾ доказали, что излучение звезды, в атмосфере которой много свободных электронов, должно быть поляризовано, у наблюдателей пробудился интерес к поляризационным наблюдениям звезд. Предсказанная Соболевым и Чандрасекаром поляризация имеет место для излучения от любого участка поверхности звезды, к которой применима их теория, если только это излучение ограничено тем или иным направлением. Общее же излучение в силу круговой симметрии должно оставаться неполяризованным. Поэтому, свет звезды, даже если к ней применима теория Соболева—Чандрасекара, должен оставаться естественным, за исключением особых случаев, как напр. затменные переменные звезды, у которых во время минимума последовательно закрываются различные части поверхности звезды и поэтому свет этой переменной во время минимума может оказаться поляризованным, причем поляризация должна быть для каждого случая вполне определенной функцией фазы. При этом расчет показывает, что максимальная поляризация, которую можно ожидать найти, должна быть весьма невелика, не превосходя в наиболее благоприятных случаях $1-2\%$. Тем не менее, в некоторых наблюдательных работах (Хильтнер⁽³⁾, автор⁽⁴⁾) предсказанную поляризацию удалось обнаружить.

Однако, гораздо больший интерес представило открытие, сделанное попутно при поисках поляризации вышеуказанного типа, что свет ряда звезд, не являющихся затменными переменными, также поляризован. Такие сообщения были сделаны независимо Холлом⁽⁵⁾, Хильтнером^(6,7) и автором⁽⁴⁾. Эта последняя поляризация оказалась в несколько раз больше той, которую можно ожидать найти, следуя теории Соболева—Чандрасекара у затменных переменных и, кроме того, она, поскольку об этом уже позволяют судить наблюдения, довольно постоянна с течением времени. Несомненно, здесь мы имеем дело с каким-то новым феноменом. Сейчас уже можно насчитать значительное чис-

ло звезд, у которых обнаружена такая поляризация. Это — далекие звезды, гиганты, преимущественно ранних спектральных классов. Наблюдательные данные пока еще очень скудны; природа феномена неясна, хотя Хильтнером⁽⁶⁾ и была высказана, а Спитцером и Тукей⁽⁸⁾ развита гипотеза, что эта поляризация не присуща собственно излучению звезд, а вносится в него в межзвездном пространстве. Для этого Спитцер и Тукей сделали предположение о наличии магнитного галактического поля и о существовании в межзвездном пространстве ферромагнитных, иглообразных частиц. Нам эта гипотеза пока не кажется достаточно убедительной.

С целью изучения этого нового феномена летом 1949 года нами были предприняты на Бюраканской астрофизической обсерватории поляризационные наблюдения света звезд в избранных участках неба.

Так как степень поляризации звездного света, повидимому, всегда мала, то естественно считать, что наиболее рациональным методом ее изучения должен быть фотоэлектрический метод. Однако, целый ряд особенностей проблемы заставляет не отказываться и от фотографической фотометрии. Фотографическая фотометрия точечных объектов вообще дает малую точность, а в случае поляризационных наблюдений, когда перед пластинкой в сходящемся пучке лучей телескопа устанавливается поляризационная призма, искажающая изображения звезд, точность наблюдений, как показал опыт нашей работы в 1948 году, оказывается еще ниже. Поэтому нами была собрана специальная установка, имевшая в основе 10" рефлектор системы Мерсьена, дававший на выходе пучок параллельных лучей диаметром 60 мм, в котором помещалась линзовая камера с рабочим отверстием 38 мм и фокусным расстоянием 280 мм (эквивалентное фокусное расстояние 1064 мм, используемое поле около 1 кв. градуса). Перед объективом камеры помещалась одноградусная призма Воллостона. Для повышения точности фотометрических оценок мы перешли от точечной фотометрии к поверхностной, используя метод Шварцшильда, так что во время экспозиции каждая звезда непрерывно и равномерно заштриховывала небольшой участок пластинки. Это выполнялось при помощи ключей микрометрических движений, что для получения хорошего снимка требовало большого искусства и внимания в работе. В результате на снимке каждая звезда распадалась на два компонента — площадочки размером приблизительно $0,2 \times 0,2$ мм, находящиеся на расстоянии 4,5 мм друг от друга — поляризованные в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. При работе использовались обычно 3 положения призмы, при которых позиционные углы плоскостей колебаний электрического вектора в указанных компонентах равнялись: $155^\circ - 65^\circ$, $125^\circ - 35^\circ$ и $95^\circ - 5^\circ$ и в некоторых случаях 2 положения с позиционными углами: $170^\circ - 80^\circ$ и $125^\circ - 35^\circ$. Время экспозиции менялось от 5 до 20 минут, что соответствовало предельной величине на пластинках от $9^m 5$ до 11^m .

Обработка состояла в измерении плотностей звездных изображе-

ний, что выполнялось с помощью объективного микрофотометра, и в переводе разности плотностей для двух изображений какой-либо звезды одного снимка, поляризованных во взаимных перпендикулярных плоскостях, в разности звездных величин. Для этого употреблялись характеристические кривые, строившиеся по звездам известной яркости, попадавшим на пластинку. В дальнейшем величина $\Delta m = m_{\theta} - m_{\theta+90}$ наносилась на график против θ — позиционного угла плоскости колебаний электрического вектора, и полученные точки мы стремились удовлетворить кривой

$$\Delta m = -\Delta m_0 \cos(\theta - \theta_0),$$

где θ_0 позиционный угол плоскости преимущественных колебаний электрического вектора в частично поляризованном свете звезды, а Δm_0 достаточно точно для малых величин связано со степенью поляризации δ соотношением

$$\frac{\Delta m_0}{2} = \delta = \frac{I_{\theta_0} - I_{\theta_0+90}}{I_{\theta_0} + I_{\theta_0+90}}$$

Из одной пластины в случае снимка хорошего качества Δm находилось, по определению из внутренней сходимости, с точностью $\pm 0^m 03$. Так что, имея несколько пластинок, можно ожидать с помощью этого метода обнаружения поляризации до 1% . Никаких заметных систематических ошибок, как показывает рассмотрение нашего наблюдательного материала, метод не вносит. Метод удобен в случае желанья исследовать поляризацию не одиночной звезды, а группы звезд в одной области. Однако, желательно работу вести с более длиннофокусными инструментами и при большом числе углов положения призмы, так как в нашем случае, когда площадочки звездных изображений были достаточно велики, а масштаб сравнительно мал, не исключено, что при том или ином положении призмы имело место наложение звездных изображений. Такие случаи наложения слабых звезд, возможно, прямо не были отмечены и вошли в Δm , как систематическая ошибка — ложная поляризация — присутствующая на всех снимках при данном положении призмы.

В настоящей статье излагаются результаты изучения поляризации света звезд в созвездии Цефея в области расположения звездной ассоциации Цефей 1^(*). В этой области, как уже известно из работ Хильтнера, имеется ряд звезд, свет которых поляризован. Наличие в этой области неба звездной ассоциации благоприятно для проверки гипотезы о межзвездном происхождении поляризации звездного света.

23 снимка с позиционными углами плоскости колебаний электрического вектора: $155^\circ - 65^\circ$, $125^\circ - 35^\circ$, $95^\circ - 5^\circ$ были получены для области, в центре которой находится CQ Цефея. CQ Цефея, представляющая собой спектрально двойную и одновременно затменную переменную звезду с компонентами спектральных типов WN 6 и B1 (види-

мая величина в максимуме 9^m2), входящая, по исследованию В. А. Амбарцумяна⁽¹⁰⁾, в звездную ассоциацию Цфефей I, была изучена на 22 из них. Результаты измерений в виде Δm против θ представлены в таблице I и на чертеже I.

Таблица I

№ п.п.	Время середины экспозиции	Фаза	Позиционный угол θ	$\Delta m = m_{\theta} -$
	1949, сентябрь			$m_{\theta + 90}$
1	16.958	$0^p .462$	125 ⁰	+0 ^m .04
2	967	468	95	-.10
3	977	474	65	-.16
4	17.743	941	65	-.12
5	755	954	125	-.02
6	775	960	95	-.10
7	808	980	95	+.07
8	815	984	65	.00
9	958	071	125	-.01
10	967	076	95	-.09
11	975	082	65	-.13
12	18.847	613	125	+.04
13	859	621	95	-.08
14	867	625	65	-.05
15	20.719	754	125	-.01
16	20.726	0.758	95	-0.08
17	733	762	65	-.03
18	754	775	95	-.12
19	760	779	125	.00
20	21.031	944	125	+.02
21	038	948	95	-.11
22	043	951	65	-.09

Здесь в первой колонке дан порядковый номер, во второй — мировое время середины экспозиции, в третьей — фаза в долях периода, вычисленная от элементов:

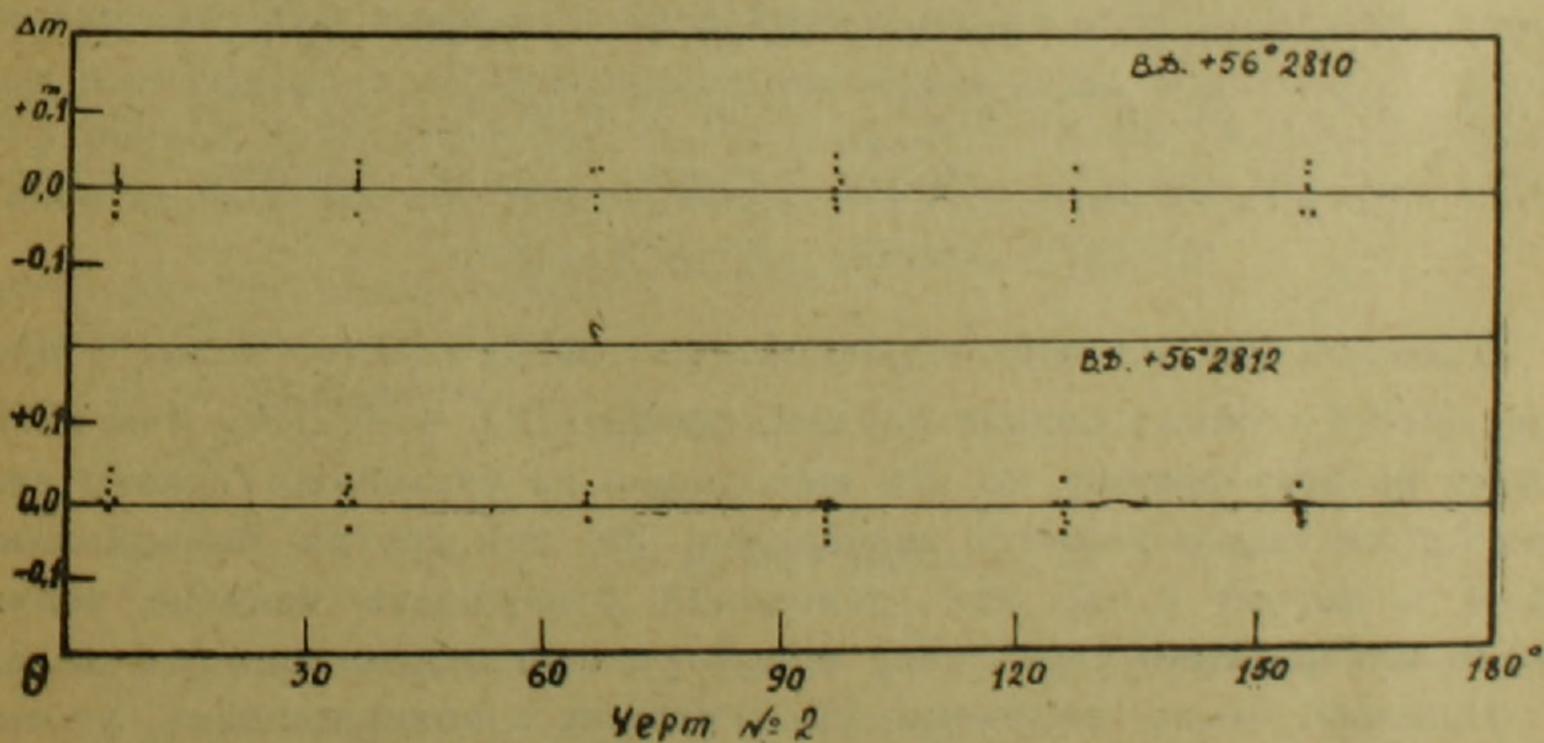
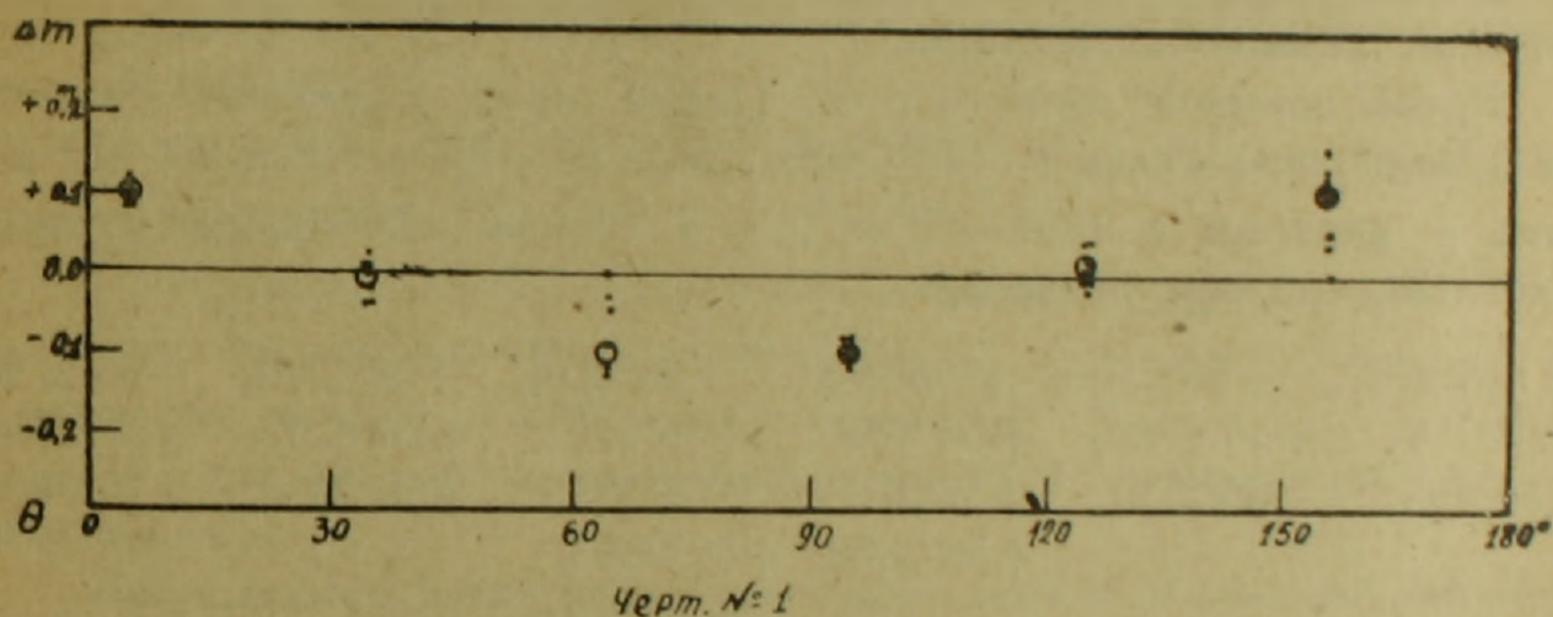
$$\text{Минимум I.D.} = 2422287.501 + I^d .641272,$$

в четвертой — позиционный угол плоскости колебаний электрического вектора в одном из компонент звездных изображений и в пятой — разность звездных величин изображений, соответствующих плоскостям θ и $\theta + 90$.

На графике точки соответствуют индивидуальным наблюдениям, а кружочки представляют нормальные места, полученные по всем снимкам за исключением номеров 7 и 8. Наблюдения с несомненностью указывают, что свет CQ Цфефея поляризован, причем степень поляризации δ около 6%, позиционный угол плоскости преимуществен-

ных колебаний электрического вектора составляет примерно 75° . Эти значения находятся в согласии с данными Хильтнера (Хильтнер для степени поляризации дает значение 10% . Однако это значение благодаря тому, что Хильтнер пользуется не общепринятым определением степени поляризации, нужно разделить на 2). При этом из графика видно, что разброс точек вокруг средних положений несколько больше ожидаемого и как будто бы изменение Δm с θ , не безразлично к фазе. Пластика со снимками 7 и 8, относящаяся к середине минимума, дает значения Δm , выпадающие из общего ряда, но доверять этой пластинке меньше, чем другим, у меня нет оснований. Для окончательного суждения о реальности изменения поляризации с фазой материал слишком мал и поэтому желательны дальнейшие наблюдения.

Кроме CQ Цефея в этой же области на всех полученных пластинках или на части их были измерены еще следующие звезды:



BD : $+55^\circ 2770$, $+55^\circ 2771$, $+55^\circ 2775$, $+55^\circ 2777$, $+55^\circ 2778$, $+55^\circ 2781$, $+56^\circ 2805$, $+56^\circ 2806$, $+56^\circ 2807$, $+56^\circ 2808$, $+56^\circ 2810$, $+56^\circ 2812$, $+56^\circ 2813$, $+56^\circ 2814$, $+56^\circ 2815$, $+56^\circ 2824$ и с α 1900 и δ 1900 : $22^h 29^m 7 + 56^\circ 0'$, $22^h 30^m 0 + 55^\circ 54'$, $22^h 30^m 5 + 56^\circ 02'$, $22^h 30^m 5 + 56^\circ 10'$, $22^h 31^m 2 + 56^\circ 43'$, $22^h 32^m 1 + 55^\circ 57'$, $22^h 33^m 5 + 56^\circ 36'$, $22^h 33^m 9 + 55^\circ 58'$, $22^h 34^m 3 + 55^\circ 58'$.

Отличие полученных для них нормальных значений Δm от нуля при всех позиционных углах обычно меньше вероятной ошибки нормального места (порядка $0^m 01-0^m 02$). Типичные случаи—звезды BD +56°2810 и +56°2812—изображены на графике 2. Для звезд BD +55°2770, +55°2771, +56°2805 и $22^h 33^m 5 + 56^\circ 36'$ значение Δm при отдельных позиционных углах раза в 2—3 больше вероятной ошибки. Но представить изменение Δm с θ формулой косинуса удалось лишь для 2 из них:

для BD, +55°2771— $\delta \cong 1,5-2\%$ и $\theta_0 = 30^\circ$ и для

$\alpha = + 22^h 33^m 5$, $\delta = 56^\circ 36'$ — $\delta \cong 1,5-2\%$ и $\theta_0 \cong 110^\circ$.

Полученная поляризация лишь едва выходит за пределы ошибок наблюдений. Возможно, во всех этих случаях мы имеем дело с упомянутым выше эффектом наложения звездных изображений, влекущим появление ложной поляризации.

Кроме снимков области с CQ Цфея, было получено 5 снимков при позиционных углах θ : $170^\circ-80^\circ$, $155^\circ-65^\circ$, $125^\circ-35^\circ$ и $95^\circ-5^\circ$ области с центром α 1900 = $22^h 28^m 0$ и δ 1900 = $+ 56^\circ 40'$, на которых было измерено еще 39 звезд:

BD: 55°2759, +56°2780, +56°2781, +56°2782, +56°2784, +56°2785,
+56°2787, +56°2789, +56°2790, +56°2791, +56°8792, +56°2793,
+56°2795, +56°2797, +56°2798, +56°2799, +56°2800, +56°2801,
+56°2802, +56°2803,

и с α 1900 и δ 1900: $22^h 24^m 3 + 56^\circ 42'$, $22^h 24^m 3 + 57^\circ 07'$, $22^h 24^m 7 + 56^\circ 59'$,
 $22^h 24^m 7 + 56^\circ 15'$, $22^h 25^m 2 + 56^\circ 49'$, $22^h 25^m 5$, $+ 56^\circ 20'$ $22^h 25^m 8 + 56^\circ 21'$,
 $22^h 26^m 1 + 56^\circ 3'$, $22^h 26^m 7 + 56^\circ 53'$, $22^h 27^m 6 + 56^\circ 26'$, $22^h 27^m 6 + 57^\circ 09'$,
 $22^h 27^m 9 + 56^\circ 36'$, $22^h 27^m 9 + 56^\circ 39'$, $22^h 27^m 9 + 57^\circ 05'$, $22^h 27^m 9 + 57^\circ 07'$,
 $22^h 28^m 2 + 56^\circ 50'$, $22^h 28^m 3 + 56^\circ 11'$.

Значения Δm для всех перечисленных звезд обычно лежат в пределах $\pm 0^m 03$ и лишь в редких случаях (звезды BD. +56°2791, +56°2798) выходят из этих границ, но эти выходящие из указанных границ значения Δm не подкрепляются значениями Δm при других позиционных углах θ и потому у нас нет оснований утверждать наличие значительной поляризации света ни у одной из вышеперечисленных звезд.

Наконец, было получено по 2 снимка с позиционными углами

θ : $170^\circ-80^\circ$ и $125^\circ-30^\circ$ для областей с центрами:

α 1900 = $22^h 18^m 0$, δ 1900 = $57^\circ 40'$

$22^h 24^m 0$ $55^\circ 46'$

$22^h 43^m 0$ $57^\circ 00'$,

на которых измерены звезды:

BD: +55°2745, +55°2747, +55°2748, +55°2749, +55°2753, +55°2756,
 +55°2757, +56°2785, +56°2836, +56°2838, +56°2851, +57°2508,
 +57°2611, +57°2512, +57°2513, +57°2515, +57°2517—18, +57°2595,
 +57°2597, +57°2601—02, +58°2421 и +58°2422.

Ни для одной из перечисленных звезд опять не было получено никаких указаний на присутствие поляризации их света.

Таким образом, из всех подвергнутых испытанию звезд в созвездии Цефея лишь свет CQ Цефея оказался поляризованным. Другие же звезды, расположенные в непосредственном соседстве с CQ Цефея и обладающие яркостями от 7^m до 11^m, никакой поляризации света, сравнимой с поляризацией света CQ Цефея, не показали. Характеристики большинства этих звезд нам совершенно не известны. Но относительно некоторых звезд у нас есть основания полагать, что они относятся к той же звездной ассоциации Цефей 1, что и CQ Цефея и, следовательно, все находятся от нас примерно на равном расстоянии. Эти звезды:

1) $\alpha = 2227^m.9$, $\delta = +57^\circ 07'$, $m = 11^m.2$, C_n — В₀ — по сообщению В. А. Амбарцумяна.⁽¹⁰⁾

2) ST Цефея (BD +56°2793) неправильная переменная, $m = 9^m.6 - 10^m.6$, C_n — CМ₀ — по сообщению Щеголева⁽¹¹⁾

и возможно 3) BD +57°2597, $m = 9^m.3$, C_n — В.

Ни одна из этих звезд никакой заметной поляризации света не показывает.

Приведенные выше наблюдательные данные плохо согласуются с гипотезой Хильтнера о межзвездном происхождении поляризации звездного света. Мне кажется, что поляризация должна возникать в звездных атмосферах и объяснение ее происхождения нужно искать либо в асферичной форме звезды, либо в наличии силы, упорядочивающей ориентировку частиц, рассеивающих свет в атмосфере звезды.

Ленинградский Государственный
 ордена Ленина Университет
 им. А. А. Жданова.

Վ. Ա. ԴՈՍԲԵՐՈՎՍԿԻ

ՅԵՓԵՅ աստղասփյուռի տիրույթում աստղերի լույսի բևեռացման ուսումնասիրություն

1949 թ. ամռան մենք կատարեցինք բևեռաչափական դիտումներ Յեֆեյի համաստեղծութունում՝ Յեֆեյ աստղասփյուռի տիրույթում: Այս աշխատանքի ժամանակ օգտագործվել է Բյուրականի աստղադիտարանի 10 ռեֆլեկտորը, ընդ որում կամերայի օրեկտիվի առաջ սեղակայված էր Վոլյաստոնի պրիզման: Բևեռացման ղնահատման համար օգտագործվում էր լուսասնկարչական սովորական մեթոդիկան: Ծղգրտության բարձրացման նպատակով կիրառվել է Շվարցշիլդի եղանակը, երբ ամեն մի աստղի պատկերի տեղ ստացվում է թիթեղի վրա սեպրած վանդակիկ:

Ստացվել է, որ բոլոր ուսումնասիրված աստղերից միմիայն CQ ճեֆեյի աստղը (խալարուն փոփոխական, WR տիպ) ունի բևեռացված լույս:

Բևեռացման աստիճան δ -ը կազմում է մոտ 6° , իսկ առայել տատանումների էլեկտրական պոլիցիոն անկյունը կազմում է մոտ 75° : Մնացած ուսումնասիրված աստղերը և մասնավորապես CQ ճեֆեյի հետ ճեֆեյ | աստղասփյուռին պատկանող աստղերը նկատելի բևեռացում ցույց չեն տալիս:

Այս արդյունքը դժվար է համաձայնեցնել բևեռացման միջաստղային ծագման տեսության հետ:

ЛИТЕРАТУРА — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Ք Յ Ո Ւ Ն

- В. В. Соболев. Ученые записки ЛГУ, № 116, серия математических наук, вып. 18 (1949 г.). 2. S. Chandrosekar. Aph. J., т. 103, № 3 (1946 г.). 3. W. A. Hiltner, Aph. J., т. 106, № 2 (1947 г.). 4. В. Л. Домбровский. Доклады АН Арм. ССР, т. X, № 5 (1949 г.). 5. John S. Holl. Science, т. 109, № 2825 (1949 г.). 6. W. A. Hiltner. Science, т. 109, № 2825 (1949 г.). 7. W. A. Hiltner. Aph. J., т. 109, № 3 (1949 г.). 8. Lyman Spitzer, John Tukey. Science, т. 109, № 2836 (1949 г.). 9. В. А. Амбарцумян. Докл. АН СССР, т. XVIII, № 1 (1949 г.). 10. В. А. Амбарцумян. Докл. АН Арм. ССР, т. X, № 5. (1949 г.). 11. Д. Щеголев. Дипломная работа. Лен. Гос. Университет им. А. А. Жданова (1950 г.).