

Э. Е. Хачикян

О поляризации света Крабовидной туманности

(Представлено В. А. Амбарцумяном 15. VII. 1955)

Наблюдения спектра Крабовидной туманности показывают⁽¹⁻⁶⁾, что он состоит из яркого непрерывного спектра и наложенных на него эмиссионных линий. В спектре наблюдаются линии H, He I, He II, [N II], [O I], [O II], [O III], [S II]. Бааде⁽⁷⁾, сделав ряд снимков Крабовидной туманности через светофильтры, пришел к выводу, что туманность состоит из двух взаимно-пронизывающих частей: внешней — волокнистой, где образуются яркие линии туманности и внутренней — аморфной, имеющей тенденцию концентрироваться к центру туманности, в которой образуется непрерывный спектр. К этому же выводу пришел Минковский⁽¹⁾. По их оценкам 80% света туманности излучается в непрерывном спектре. Природа такого аномально яркого непрерывного спектра остается невыясненной.

Совершенно ясно, что причиной этого не может быть отражение света центральной звезды на пылинках или свободных электронах туманности. Попытка объяснить свечение туманности свободно-свободными и свободно-связанными переходами электрона в высокоионизованном газе⁽⁴⁾ приводит к весьма необычным данным для центральной звезды. В этом случае для ядра температура получается порядка 500 000°, радиус 0.02 R_☉ и полная яркость — 30 000 солнечных; электронная плотность в туманности порядка 10³ см⁻³, электронная температура T_e = 50 000°, масса 15 M_☉.

В последнее время было выяснено, что Крабовидная туманность является мощным источником радиоизлучения с постоянной интенсивностью в интервале от λ = 25 до λ = 750 см.

Попытка объяснить радиоизлучение туманности тем же механизмом свободно-свободных переходов привела к противоречию с наблюдательными данными⁽⁸⁾. В этом случае интенсивность в оптических частотах должна быть в 3—5 раз меньше, чем интенсивность излучения в области радиочастот, в то время как наблюдения показывают, что оптическая интенсивность меньше радиointенсивности в 800—1000 раз. Это сильное различие указанным механизмом трудно объяснить.

И. С. Шкловский (⁹, ¹⁰) выдвинул новый механизм для объяснения как радио, так и оптического излучения Крабовидной туманности, а именно: излучение релятивистских электронов в магнитном поле. Это излучение должно быть в основном сосредоточено в плоскости движения электрона и поляризовано перпендикулярно этой плоскости.

В свете этого объяснения представляет интерес поляриметрическое исследование Крабовидной туманности.

В 1953 г. В. А. Домбровский (¹¹) с помощью фотоэлектрического поляриметра исследовал на поляризацию излучение Крабовидной туманности и нашел, что оно поляризовано в среднем на 15%, а плоскость преимущественных колебаний в пяти областях туманности оказалась примерно одной и той же и имела в среднем позиционный угол в 172°. Однако фотоэлектрический поляриметр не давал возможности детального изучения этого эффекта, ибо использованная диафрагма поля имела площадь 3 кв. мин. Фотографический метод позволяет более детально изучить этот вопрос. С этой целью нами были получены 2 серии снимков туманности на 8" камере Шмидта Бюраканской астрофизической обсерватории, с поляроидом. Сведения о них даны в табл. 1 (φ —угол поворота поляроида).

Таблица 1

Д а т а	Длительность экспозиции	φ	Сорт пластинки
3 и 6. XI. 54 г.	5 ч. 00 м.	0°	Ильфорд Зенит
17. I. 55 г.	5 ч. 00 м.	60	" "
18. I. 55 г.	5 ч. 00 м.	120	" "
19. I. 55 г.	1 ч. 45 м.	0	Истман 103а—О
19. I. 55 г.	1 ч. 45 м.	60	" "
19. I. 55 г.	1 ч. 45 м.	120	" "

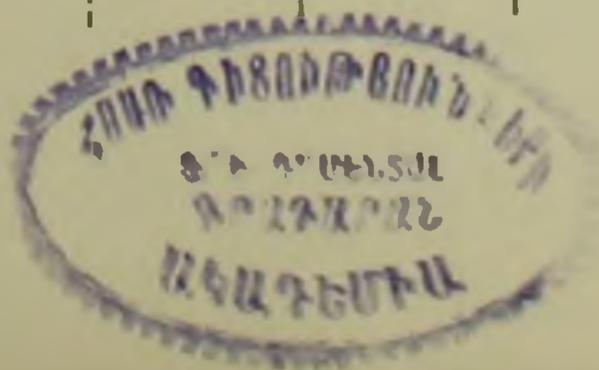
Снимки были сделаны при трех различных положениях поляроида, отличающихся на 60°, что давало возможность определить поляризацию и плоскость преимущественных колебаний.

Чтобы избежать систематических ошибок, возникающих при фотометрических работах, основанных на неодновременных снимках, был использован метод привязки к внефокальным звездам. Для этого в кассете было сделано приспособление, дающее возможность одновременно с туманностью получать вне фокуса снимки окружающих ее звезд (двухэтажная кассета). Эти изображения использовались для построения характеристических кривых и уточнения их нуля.

Измерения производились на микрофотометре системы Прокофьева спектроскопической лаборатории математико-механического факультета Ленинградского государственного университета, по сечениям, параллельным главной оси туманности. Размер каждой измеряемой площадки был равен $0,10 \times 0,10$ мм², или в угловых единицах— $20'' \times 20''$. По двум сериям мы получили хорошее согласие в величинах p (процент поляризации) и φ_0 (угол преимущественных колебаний в относительной шкале). От угла φ_0 легко можно перейти к

Таблица 2

Сечение	Точка	$\rho\%$	Пози- ционный угол θ_0	Сечение	Точка	$\rho\%$	Пози- ционный угол θ_0
I	1	7	135°	II	14	31	151
	2	10	87		15	43	152
	3	9	66		16	45	155
	4	7	50		17	35	157
	5	9	10		18	44	154
	6	10	157		19	36	157
	7	28	151		20	19	179
	8	35	151		21	23	178
	9	23	162		22	20	174
	10	39	163		23	22	163
	11	47	162		24	6	0
	12	58	154		III	1	<5
	13	56	153	2		7	68
	14	25	157	3		9	27
	15	19	166	4		10	5
	16	16	0	5		10	168
	17	13	10	6		16	142
	18	11	15	7		11	145
	19	12	8	8		19	8
	20	15	167	9		27	2
	21	26	168	10		33	167
	22	16	150	11		31	158
	23	13	150	12		28	150
	24	13	153	13		28	146
	25	11	160	14		42	156
	26	<5		15	40	162	
II	1	9	153	16	33	162	
	2	11	176	17	29	158	
	3	9	45	18	32	161	
	4	8	41	19	28	167	
	5	9	0	20	27	169	
	6	<5		21	20	163	
	7	7	155	22	17	158	
	8	<5	10	23	15	158	
	9	15	25	24	8	174	
	10	20	22	25	<5		
	11	11	17				
	12	7	174				
	13	13	152				



Сечение	Точка	$p^0/0$	Пози- ционный угол θ_0	Сечение	Точка	$p^0/0$	Пози- ционный угол θ_0
IV	1	8	14	VI	1	7	112
	2	7	19		2	13	159
	3	6	13		3	15	140
	4	8	149		4	15	0
	5	15	160		5	15	161
	6	34	155		6	9	157
	7	47	153		7	9	157
	8	42	157		8	25	143
	9	42	160		9	22	150
	10	43	161		10	<5	
	11	58	157	VII	1	7	179
	12	51	159		2	8	146
	13	24	172		3	9	138
	14	8	21		4	8	136
	15	12	93		5	12	141
	16	17	83		6	10	13
	17	11	58		7	11	17
	18	23	18		8	20	26
	19	26	3		9	16	50
	20	26	174		10	15	85
	21	22	163		11	13	120
	22	15	162		12	32	154
	23	13	151		13	43	158
	24	7	163		14	41	162
V	1	7	158	15	30	160	
	2	9	174	16	29	161	
	3	9	159	17	28	154	
	4	6	178	18	10	160	
	5	16	2	VIII	1	7	146
	6	23	176		2	11	148
	7	24	2		3	9	150
	8	23	177		4	15	167
	9	19	3		5	8	131
	10	11	159		6	13	142
	11	14	149		7	26	158
	12	33	135		8	36	171
	13	28	149		9	30	176
	14	6	150		10	27	173
	15	21	138		11	27	164
	16	18	149		12	24	160
	17	<5			13	9	150
					14	<5	

позиционному углу преимущественных колебаний — θ_0 по заранее сделанным отметкам на пластинке и кассете. Средние величины p и θ_0 в табл. 2 и нанесены на схематический рисунок туманности (рис. 1), составленный по фотографии Бааде в непрерывном спектре ($\lambda\lambda 7200—8400$).

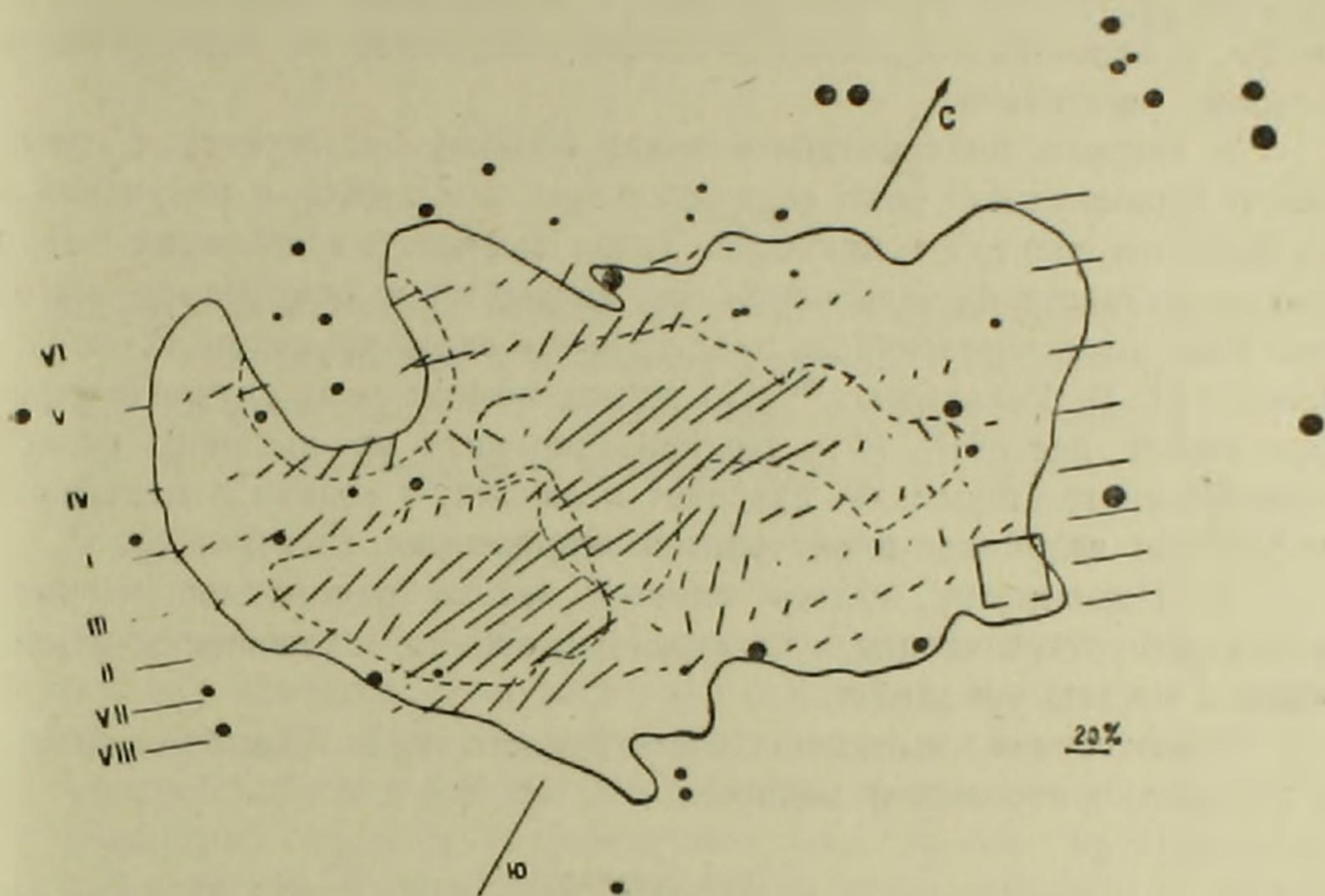


Рис. 1.

В табл. 2 в первом столбце приведены сечения, по которым производились измерения по туманности, во втором — центры измеряемых площадок, в третьем — процент поляризации, в четвертом — позиционный угол преимущественных колебаний.

Последовательность измеряемых площадок по сечениям соответствует движению справа налево на рис. 1, где яркие облака обведены пунктиром. Величина квадрата, начерченного на туманности, показывает размер каждой измеряемой площадки. Масштаб поляризации также показан на рис. 1.

Результаты получаются весьма любопытными.

Как видно из приведенного выше рисунка, поляризация света неодинакова по туманности и в некоторых местах достигает 50—60%.

Самым интересным является тот факт, что наибольшая поляризация наблюдается в областях наиболее ярких в непрерывном спектре. Вне их величина поляризации резко уменьшается. Плоскость преимущественных колебаний поляризованного света почти постоянна и в среднем составляет 168° . Интересно отметить, что средняя поляризация по всей туманности получается порядка 20%, что хорошо согласуется с электрофотометрическими наблюдениями В. А. Домбровского, измерения которого фактически усредняют как поляризацию.

так и позиционный угол преимущественных колебаний. На основе этих фактов можно сделать следующие выводы:

1. Отчетливо выявляется отсутствие радиальной поляризации.

2. Наблюдаемая поляризация Крабовидной туманности не может быть вызвана межзвездной средой, ибо области, показывающие поляризацию, отчетливо отождествляются с отдельными деталями в туманности, а величина поляризации сильно изменяется на незначительном угловом расстоянии.

3. Высокая поляризация в ярких облаках согласуется с гипотезой о существенной роли релятивистских электронов в излучении непрерывного спектра туманности. Такая высокая поляризация излучения релятивистских электронов при движении в однородном магнитном поле была теоретически предсказана в недавней работе Г. М. Гарибьяна и И. И. Гольдмана⁽¹²⁾. По их подсчетам в этом случае поляризация может достигать 70%. Поляризация мала во внешних областях туманности, где последняя излучает в линиях, и велика в центральной части, где излучение происходит в непрерывном спектре.

4. Повидимому, здесь имеется весьма однородное магнитное поле, распространяющееся на большую область туманности, а может быть и на всю туманность.

В заключение выражаю благодарность В. А. Домбровскому за руководство настоящей работой.

Է. Ե. ԽԱՉԻԿՅԱՆ

ԽԵՆԳԵՍՈՒՑՈՒՄԱՆ ՄԻԳՐԱՄԱԾՈՒԹՅԱՆ ԼՈՒՅՈՒ ԲԼԵՆՈՍԿՈՒՄԱՆ ՈՒՍՈՒՐՆԵՐ

Հուսանկարչական մեթոդով հետազոտված է Խենգետնանման միգրամածության լույսի բլենոսկոմը նրա տարբեր մասերում: Ստացված են երկու սերիա լուսանկարներ, յուրաքանչյուր սերիան բլենոսկոպիչի երեք տարբեր դիրքերի համար, որոնք իրարից տարբերվում են 60°:

Օգտագործված է աստղերի արտաֆոկուսային սլաուկերների հետ կապելու մեթոդը: Չափումները կատարված են էլեկտրոֆոտոմետրիկ միկրոֆոտոմետրի օգնությամբ: Միգրամածության լույսի բլենոսկոմն յերարերյալ ստացված արդյունքները բերված են № 2 աղյուսակում և ներկայացված են դժ. 1-ի վրա:

Նրանց քննարկումը ցույց է տալիս, որ միգրամածության որոշ տիրույթներում լույսի բլենոսկոմն աստիճանը հասնում է 50—60% և այն հիմնականում կենտրոնացված է պլաժառ ամպերում, որոնք զծագրում սահմանադատված են սլուենկտիրով:

Ստացված արդյունքները վկայում են հիշյալ միգրամածության անընդհատ ճառագայթման մեջ սելատիվիստական էլեկտրոնների էական դերի մասին: Բլենոսկոմն լույսի զերադասելի տատանումների հարթության հաստատությունը ցույց է տալիս, որ միգրամածության մեջ զսյուլթյուն ունի հիմնականում համասեռ մագնիսական դաշտ, առնրվազն նրա մեծ մասում:

ЛИТЕРАТУРА — ԴՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ В. М. Слайфер, Nature, 95, 185, 1915. ² Р. Ф. Санфорд, Publ. ASP, 31, 108, 1919. ³ Н. У. Мейел, Publ. ASP, 49, 101, 1937. ⁴ Р. Минковский, Ар. Ј., 96, 199, 1942. ⁵ Д. Барбье, Ann. d'Ar. 8, 35, 1945. ⁶ Р. Минковский, Ann. d'Ar. 9, 7, 1946. ⁷ В. Бааде, Ар. Ј., 96, 188, 1942. ⁸ Р. Минковский и Ж. Л. Гринштейн, Ар. Ј., 118, 1, 1953. ⁹ И. С. Шкловский, ДАН СССР, 90, 983 (1953). ¹⁰ И. С. Шкловский, ДАН СССР, 91, 475, 1953. ¹¹ В. А. Домбровский, ДАН СССР, 94, 1022 (1954). ¹² Г. М. Гарибян и И. И. Гольдман, Изв. АН АрмССР, серия ФМЕТ наук, 7, № 2 (1954).