

Измерение степени поляризации и цвета Туманностей NGC 2023 и NGC 7023

Вопросу поляризации излучения газо—пылевых туманностей посвящено значительное число исследований. Однако до 1951 г. работы по поляриметрии туманностей носили односторонний характер: согласно гипотезе Слайфера [1], априори предполагалось, что излучение туманностей должно быть радиально поляризовано. Поэтому цель этих работ сводилась лишь к определению степени поляризации излучения туманностей. В. А. Амбарцумян, однако, привел факты свидетельствующие в пользу того, что гипотеза отражения не в состоянии полностью объяснить непрерывный спектр некоторых туманностей [2]. Нерасадный характер поляризации излучения туманностей NGC 1952 и IC 432 был действительно установлен в [3, 4, 5].

В настоящей работе приведены результаты измерения поляризации и цвета двух туманностей: NGC 2023 и NGC 7023. При поляриметрических измерениях в качестве анализатора был использован поливиниловый поляроид. Методика наблюдений была та же, что и в предыдущих работах [4, 5]. Определение цвета туманностей производилось обычным способом, фотографированием их в двух участках спектра через синий (СС5) и желтый (ЖС16) фильтры.

Сведения о поляриметрических снимках даны в таблицах 1 и 2, а колориметрических—в таблице 3, где φ —позиционный угол плоскости пропускания поляроида, отсчитанный от некоторого определенного направления. Колориметрические снимки получены на 21" камере Шмидта.

а) туманность NGC 2023.

NGC 2023 находится в богатой туманностями области ζ Ориона. Ядром ее является звезда BD—2°1345 фотографической величины 7^m.8 и спектрального класса B1.5V, показатель цвета ядра $B-V$ равен $-0^m.09$, а избыток цвета $0^m.34$ [6]. Излучение ядра по нашим измерениям не обнаруживает заметной поляризации. Спектр туманности непрерывный с линиями поглощения водорода и гелия [7, 8, 9]. Присутствие в спектре туманности эмиссионной линии отмечалось Вольфом [10], однако, Хаббл [7] считает, что эта эмиссионная линия принадлежит IC434 и Вольф, повидимому, ошибочно ее отнес к туман-

Таблица 1

NGC 2023
Поляриметрические снимки

Дата	Длительность экспозиции	φ	Сорт пластины	Телескоп
21.1.1955	1 ч. 40 мин	0°	Истмэн 103а—Е	8" Шмидт
"	"	60	"	"
"	"	120	"	"
27.1.1955	2 ч. 00	0	"	"
"	"	60	"	"
28.1.1955	"	120	"	"
14.10.1955	3 ч. 00	60	Кодак	21" Шмидт
15.10.1955	"	120	"	"
16.10.1955	2 ч. 51	0	"	"

Таблица 2

NGC 7023
Поляриметрические снимки

Дата	Длительность экспозиции	φ	Сорт пластины	Телескоп
16.9.1955	3 ч. 45 мин	0°	Кодак	8" Шмидт
17.9.1955	"	60	"	"
18.9.1955	"	120	"	"
13.10.1955	"	0	"	21" Шмидт
14.10.1955	"	60	"	"
15.10.1955	"	120	"	"

Таблица 3

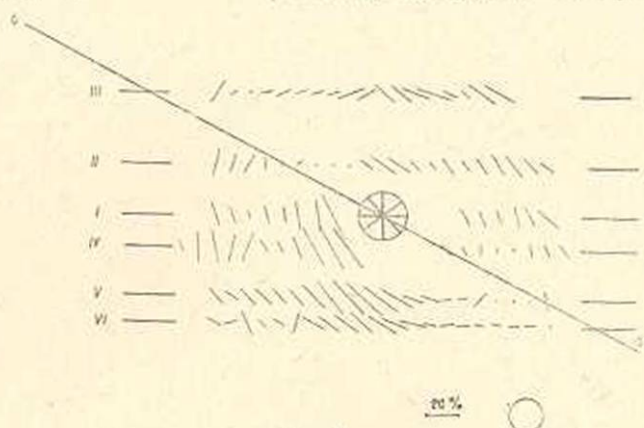
Колориметрические снимки

Дата	Фильтр	Длительность экспозиции	Сорт пластины	Туманность
16.10.1955	ЖС16	3 ч. 00 мин	Истмэн 103а—Е	NGC 7023
19.10.1955	"	"	"	NGC 2023
22.10.1955	СС5	1 ч. 30	Кодак	NGC 7023
"	"	1 ч. 00	"	NGC 2023

ности NGC 2023. В [11] туманность считается частично эмиссионной. Туманность симметрична и не богата деталями.

Единственное измерение показателя цвета туманности было произведено Коллинсом [8]. По его измерениям показатель цвета туманности оказался равным $-0^m.10$. Поляриметрическое исследование туманности до сих пор не производилось.

Поляриметрическое исследование туманности произведено нами по трем сериям снимков (каждая серия состоит из трех снимков туманности, снятых при трех различных положениях поляроида). Было измерено около 100 областей в туманности на пластинках первой и второй серий и около 250-третьей. Результаты измерений степени поляризации p и плоскости преимущественных колебаний θ_0 схематически нанесены на фиг. 1, 2, 3. Величина и направление плоскости поляризации показаны на фигурах в виде черточек, проведенных через центры измеряемых областей. Масштаб степени поляризации показан в правом нижнем углу фиг. Величина кружка показывает размер каждой измеряемой области. В случае 8" камеры он был равен 330 кв. сек. дуги, а в случае



Фиг. 1.

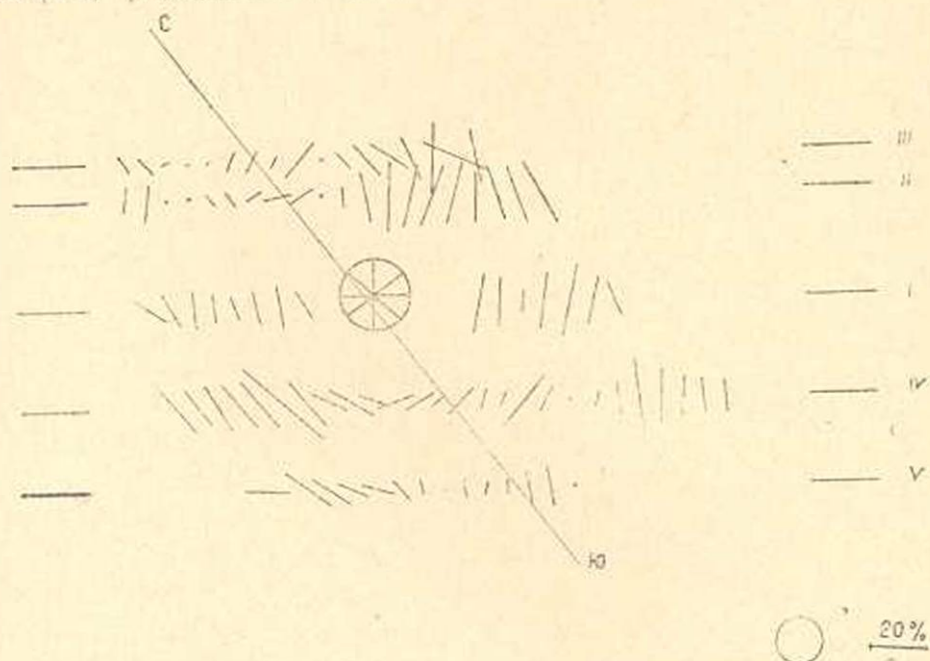
21" камеры—100 кв. сек. дуги. Заштрихованный кружок в центре представляет ядро туманности. Измерение туманности производилось вдоль определенных сечений, нумерация которых показана на фигурах.

Результаты колориметрических измерений помещены в табл. 4. В первом столбце приведены порядковые номера сечений вдоль которых производились измерения. Сечения, совпадающие как при поляриметрических, так и при колориметрических измерениях на фиг. 3 и табл. 4, обозначены одним и тем же номером. Во втором столбце помещены порядковые номера измеряемых областей, в третьем и четвертом—поверхностные яркости областей в синих и желтых лучах, выраженные в звездных величинах с кв. сек. дуги, в пятом—показатель цвета.

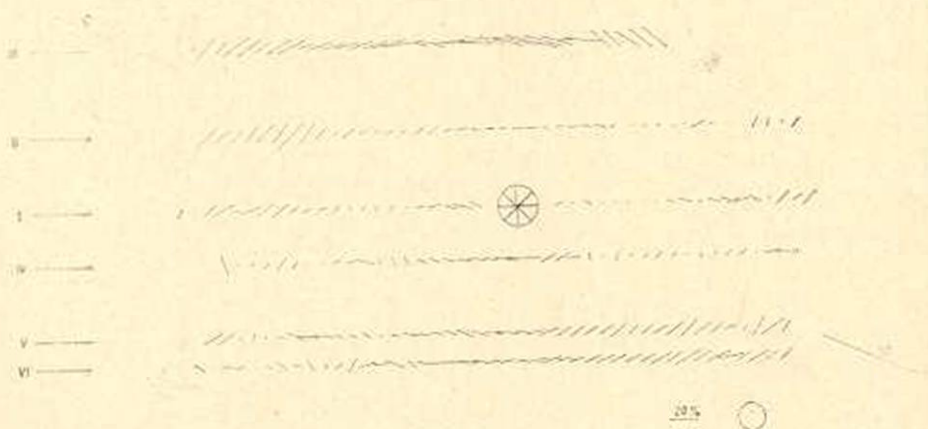
Как видно из фиг. 1, 2, 3 излучение туманности радиально поляризовано относительно ядра. Среднее значение величины $p\Delta\theta_0$, где $\Delta\theta_0$ отклонение θ_0 от радиального направления поляризации—порядка 250. Для сравнения приводим табл. 5, где для различных значений степени поляризации, данных в первом столбце, приводятся, во втором и третьем столбцах—средние арифметические значения средних квадратичных ошибок: степени поляризации $\bar{p}^{cp}$ и плоскости преимущественных колебаний $\bar{\theta}_0^{cp}$, по трем сериям наших снимков Крабовидной туманности, а в последнем—число областей, где степень поляризации попадает в данный интервал.

Средняя степень поляризации по всей туманности составляет 13%. Это указывает на то, что рэлеевское рассеяние в туманности не иг-

рает существенной роли. В противном случае процент поляризации должен был бы быть значительно больше. К такому же выводу приводят наши колориметрические измерения. Фиг. 4 показывает зависимость показателя цвета туманности от расстояния до ядра. Как видно из фиг., туманность в основном имеет синий цвет.



Фиг. 2.



Фиг. 3.

Средний показатель для всей туманности равен -0^m37 . Туманность голубее ядра в среднем на 0^m46 . Для других туманностей эта величина оценивается в 0^m30 . Релеевскому же рассеянию соответствует

Таблица 4

Номер сечения	Номер обл.	m_c	m_m	C	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5					
I	1	22.80	22.71	+0.09	V	20	20.09	20.11	-0.02
	2	22.79	22.51	+0.28		21	19.80	20.04	-0.24
	3	22.64	22.34	+0.30		22	19.84	19.89	-0.05
	4	22.64	22.71	-0.07		23	19.83	19.62	+0.21
	5	22.52	22.73	-0.21		24	19.69	19.22	+0.47
	6	22.68	22.73	-0.05		25	19.27	18.16	+1.11
	7	22.32	22.51	-0.19		26	19.41	17.73	+1.68
	8	22.24	22.11	+0.13		27	19.97	18.53	+1.44
	9	22.02	21.87	+0.15		28	20.49	19.82	+0.67
	10	21.90	21.77	+0.13		29	20.82	20.63	+0.19
	11	21.92	21.70	+0.22		30	21.03	21.22	-0.19
	12	21.58	21.36	+0.22		31	21.14	21.31	-0.17
	13	21.38	21.26	+0.12		32	21.08	21.30	-0.22
	14	21.15	20.99	+0.16		33	21.23	21.41	-0.18
	15	21.04	20.91	+0.13		34	21.30	21.30	0.00
	16	20.84	20.85	-0.01		35	21.38	21.47	-0.09
	17	20.69	20.58	+0.11		36	21.71	21.97	-0.26
	18	20.43	20.66	+0.43		37	21.81	22.31	-0.50
	19	20.03	19.60	+0.48		38	22.23	22.29	-0.04
	20	19.56	18.64	+0.92		39	22.66	22.77	-0.11
	21	18.64	16.99	+1.65	VII	1	22.86	22.81	+0.05
	22	19.37	18.22	+1.15		2	22.76	23.11	-0.35
	23	19.98	19.25	+0.73		3	22.48	22.47	+0.01
	24	20.41	20.51	-0.10		4	22.27	22.05	+0.22
	25	20.60	20.80	-0.20		5	21.91	22.11	-0.20
	26	20.38	19.79	+0.59		6	21.80	21.79	+0.01
	27	20.55	20.00	+0.55		7	21.62	21.71	-0.09
	28	20.70	20.11	+0.59		8	21.47	21.79	-0.32
	29	20.93	20.46	+0.47		9	21.68	22.35	-0.67
	30	21.40	21.26	+0.14		10	21.91	22.51	-0.60
	31	21.42	21.49	-0.07		11	21.97	22.53	-0.56
	32	21.42	21.55	-0.13		12	21.76	22.95	-1.19
	33	21.46	21.49	-0.03		13	21.72	22.51	-0.79
	34	21.55	21.51	+0.04		14	21.67	22.35	-0.74
	35	21.66	21.81	-0.15		15	21.61	22.21	-0.60
	36	21.60	21.83	-0.23		16	21.49	21.75	-0.26
	37	21.66	21.75	-0.09		17	21.28	22.25	-0.97
	38	22.10	22.11	-0.01		18	21.10	21.83	-0.73
	39	22.15	21.87	+0.28		19	20.87	21.17	-0.30
	40	22.47	21.75	+0.72		20	20.92	21.49	-0.57
	41	22.74	22.43	+0.31		21	21.04	21.70	-0.66
III	1	22.85	22.55	+0.30		22	21.10	21.19	-0.09
	2	22.30	22.61	-0.31		23	21.08	21.37	-0.29
	3	22.20	22.47	-0.27		24	21.26	21.75	-0.49
	4	22.20	22.63	-0.43		25	21.35	21.89	-0.54
	5	22.10	22.06	+0.04		26	21.07	21.61	-0.54
	6	21.81	21.91	-0.10		27	20.98	21.13	-0.15
	7	21.72	21.88	-0.16		28	21.04	21.23	-0.19
	8	21.86	21.91	-0.05		29	20.92	20.92	0.00
	9	21.56	21.91	-0.35		30	21.01	20.99	+0.02
	10	21.74	21.86	-0.12		31	21.24	21.26	-0.02
	11	21.50	21.91	-0.41		32	21.59	21.14	+0.45
	12	21.38	21.91	-0.53		33	22.07	22.47	-0.40
	13	21.27	21.67	-0.40		34	22.26	22.23	-0.07
	14	21.17	21.49	-0.32		35	22.44	22.89	-0.45
	15	20.89	21.09	-0.20		1	22.39	22.59	-0.20
	16	20.98	21.26	-0.28		2	22.38	22.39	-0.01
	17	20.73	21.01	-0.28		3	22.40	22.91	-0.51
	18	20.74	21.05	-0.31		4	22.40	22.59	-0.19
	19	20.65	20.95	-0.30		5	22.21	22.57	-0.36
						6	22.34	22.75	-0.41

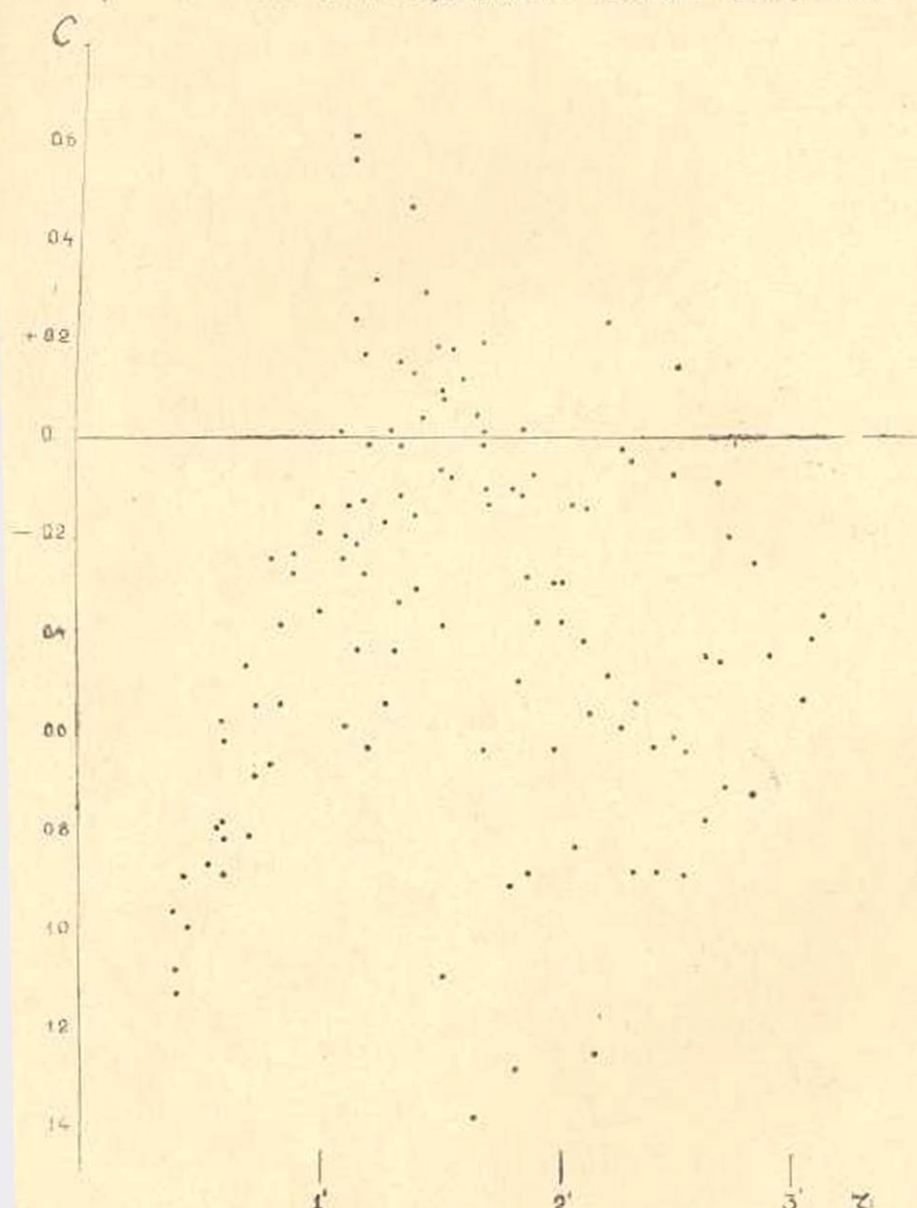
Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	7	21.82	22.06	-0.24		2	22.31	22.47	-0.13
	8	21.60	21.58	+0.02		3	22.36	22.61	-0.25
	9	21.36	21.83	-0.47		4	22.92	22.47	+0.45
	10	21.58	21.87	-0.29		5	22.15	22.47	-0.32
	11	21.80	22.07	-0.27		6	22.10	22.71	-0.61
	12	21.71	22.07	-0.36		7	21.92	22.47	-0.55
	13	21.58	21.83	-0.25		8	21.78	21.97	-0.19
	14	21.56	22.15	-0.59		9	21.60	22.03	-0.43
	15	21.63	21.97	-0.34		10	21.55	21.96	-0.41
	16	21.56	21.95	-0.39		11	21.60	21.81	-0.21
	17	21.51	21.88	-0.37		12	21.71	21.87	-0.16
	18	21.59	22.01	-0.42		13	22.03	22.07	-0.02
	19	21.64	22.07	-0.43		14	21.92	22.07	-0.15
	20	21.60	22.08	-0.48		15	21.67	21.67	0.00
	21	21.28	21.67	-0.39		16	21.39	21.29	+0.10
	22	21.48	21.91	-0.43		17	21.13	21.01	+0.12
	23	21.53	22.11	-0.58		18	21.04	20.90	+0.14
	24	21.59	21.91	-0.32		19	21.18	21.10	+0.08
	25	21.30	21.75	-0.45		20	21.30	21.41	-0.11
	26	21.40	21.71	-0.31		21	21.34	21.30	+0.04
	27	21.49	21.67	-0.18		22	21.46	21.57	-0.11
	28	22.32	22.91	-0.59		23	21.84	22.16	-0.32
						24	21.93	22.29	-0.36
XI	1	22.50	22.91	-0.41		25	21.96	22.29	-0.33
	2	22.44	22.51	-0.07		26	21.06	22.39	-0.33
	3	22.72	22.76	-0.04		27	21.91	22.53	-0.62
	4	22.98	23.21	-0.23		28	22.15	22.21	-0.06
	5	22.45	22.91	-0.45		29	21.78	21.78	0.00
	6	22.10	22.46	-0.36		30	21.85	21.53	+0.32
	7	22.21	22.61	-0.40		31	22.16	21.97	+0.19
	8	21.99	22.76	-0.77		32	22.62	22.23	+0.39
	9	22.05	22.91	-0.86		33	22.88	22.25	+0.63
	10	22.06	22.91	-0.85		34	22.19	21.97	+0.22
	11	21.68	22.30	-0.62	XV				
	12	21.58	21.90	-0.32		1	22.40	22.45	-0.05
	13	20.91	20.69	+0.22		2	21.98	22.29	-0.31
	14	20.58	20.34	+0.24		3	21.73	21.95	-0.22
	15	20.13	19.08	+1.05		4	21.53	21.61	-0.08
	16	19.78	18.04	+1.74		5	21.52	21.63	-0.11
	17	19.88	17.91	+1.97		6	21.66	21.91	-0.25
	18	19.56	18.01	+1.55		7	21.67	22.47	-0.80
	19	19.59	17.81	+1.78		8	21.84	22.91	-1.07
	20	20.00	18.76	+1.24		9	21.65	22.81	-1.16
	21	20.23	19.89	+0.41		10	21.73	22.71	-0.98
	22	20.53	20.40	+0.13		11	21.66	22.27	-0.61
	23	20.75	20.89	-0.14		12	21.62	22.29	-0.67
	24	20.82	21.17	-0.35		13	21.40	22.32	-0.92
	25	20.84	20.95	-0.11		14	21.26	21.91	-0.65
	26	21.22	21.26	-0.04		15	21.02	21.40	-0.38
	27	21.51	22.01	-0.50		16	21.01	21.43	-0.42
	28	21.62	22.27	-0.65		17	20.95	21.67	-0.72
	29	21.99	22.81	-0.82		18	21.10	21.61	-0.51
	30	21.88	22.73	-0.85		19	21.41	22.21	-0.80
	31	21.99	22.86	-0.87		20	21.58	22.35	-0.77
	32	22.10	23.11	-1.01		21	21.36	22.36	-1.00
	33	21.88	23.01	-1.13		22	21.41	22.41	-0.94
	34	21.92	22.46	-0.54		23	21.26	21.91	-0.65
	35	21.92	21.75	-0.17		24	21.01	21.62	-0.61
	36	22.35	21.63	-0.72		25	20.97	21.23	-0.26
	37	22.25	21.79	+0.46		26	20.96	21.07	-0.11
	38	22.30	21.63	+0.63		27	21.12	21.14	-0.02
XIII	1	22.68	22.91	-0.23		28	21.29	21.09	+0.20
						29	21.72	21.89	-0.17
						30	22.48	22.91	-0.43

разность цветов порядка 1^m0 . Так как релеевское рассеяние в туманности отсутствует, то размеры частиц, составляющих туманность, должны превышать 10^{-6} см.

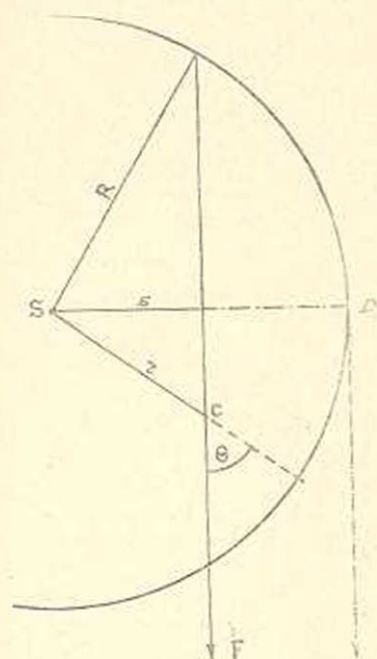
Рассмотрим вопрос о возможности определения размеров частиц туманности из данных поляриметрии и колориметрии.

Примем, что туманность имеет сферическую форму с ядром в центре. Для такой модели имеется некоторое основание: туманность симметрична, избыток цвета ядра намного больше, чем у звезд того



Фиг. 4.

же спектрального класса, находящихся в той же области неба. Последнее обстоятельство указывает на то, что дополнительное погло-



Фиг. 5.

Таблица 5

p^0/o	σ_p^{cp}	σ_{θ}^{cp}	n
0—9	$\pm 1.6^0/o$	$\pm 12.0'$	11
10—19	± 3.1	± 13.5	42
20—29	± 3.7	± 7.5	30
30—39	± 3.6	± 5.7	21
40—60	± 5.4	± 7.2	12

щение света ядра происходит в самой туманности, т. е., ядро находится внутри туманности. Принимая распределение материи в туманности равномерным, для интенсивности пучка света ядра, отраженного в точке C в направлении наблюдателя F вдоль луча зрения на расстоянии r от ядра и под углом θ , можем написать (см. фиг. 5):

$$dI_s = I_0 \cdot k_\lambda \cdot e^{-\alpha_\lambda r} \cdot$$

$$\cdot e^{-\alpha_\lambda (\sqrt{R^2 - s^2} - \sqrt{r^2 - s^2})},$$

$$\cdot \psi(\theta) d\sqrt{r^2 - s^2}$$

где R—радиус туманности, s—расстояние в проекции от ядра до точки отражения C, $\psi(\theta)$ —фазовая функция, I_0 —интенсивность ядра, α_λ —коэффициент поглощения, k_λ —коэффициент рассеяния. Полная интенсивность туманности по всему лучу зрения будет равна:

$$I_s = I_0 \int_s^R \left[e^{-\alpha_\lambda (r + \sqrt{R^2 - s^2} - \sqrt{r^2 - s^2})} + \right. \\ \left. + e^{-\alpha_\lambda (r + \sqrt{R^2 - s^2} + \sqrt{r^2 - s^2})} \right] k_\lambda \psi(\theta) \frac{r \cdot dr}{\sqrt{r^2 - s^2}}$$

или, обозначая $\frac{r}{s} = x$, $\frac{R}{s} = b$ имеем:

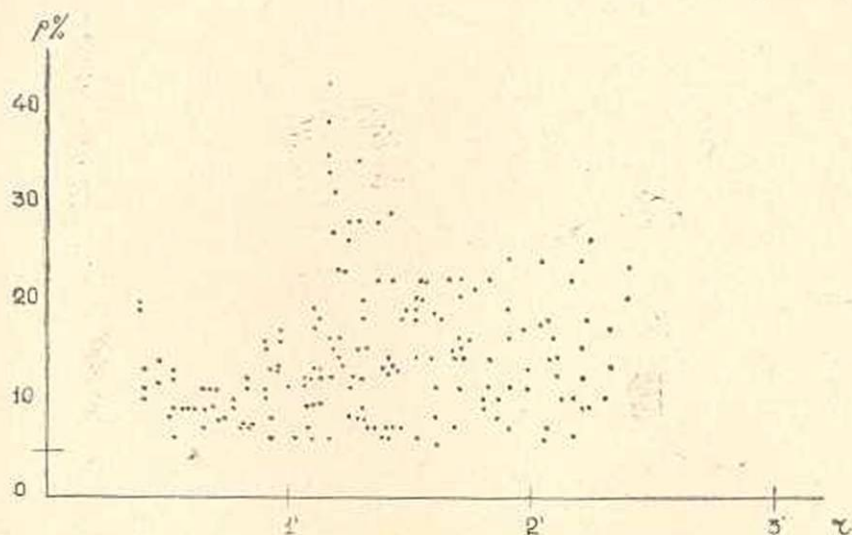
$$I_s = I_0 \cdot s \int_1^b \left[e^{-\alpha_\lambda s(x + \sqrt{b^2 - 1} - \sqrt{x^2 - 1})} + \right. \\ \left. + e^{-\alpha_\lambda \cdot s(x + \sqrt{b^2 - 1} + \sqrt{x^2 - 1})} \right] k_\lambda \psi(x) \frac{x \cdot dx}{\sqrt{x^2 - 1}}. \quad (1)$$

Показатель цвета туманности находим из (1)

$$C_s = -2.5 [\log I_s^{(1)} - \log I_s^{(2)}], \quad (2)$$

где $I_s^{(1)}$ и $I_s^{(2)}$ получены из I_s , подстановкой значений α_λ и k_λ , соответствующих $\lambda = \lambda_c$ (для синих лучей) и $\lambda = \lambda_{ж}$ (для желтых лучей).

Поляризация света при отражении является результатом различия коэффициентов отражения для составляющих электрического вектора, направленных параллельно и перпендикулярно к плоскости падения. При отражении туманностью света ядра в точке C в направлении F степень поляризации излучения элемента объема будет равна



Фиг. 6.

$$p_c = \frac{k_\perp(\theta) - k_\parallel(\theta)}{k_\perp(\theta) + k_\parallel(\theta)},$$

где $k_\perp$ и $k_\parallel$ — коэффициенты отражения для составляющих электрического вектора, соответственно, перпендикулярной и параллельной плоскости падения. Степень поляризации луча, выходящего из данной точки туманности вдоль направления F будет:

$$p_s = \frac{\int k_\perp(\theta) d\theta - \int k_\parallel(\theta) d\theta}{\int k_\perp(\theta) d\theta + \int k_\parallel(\theta) d\theta}. \quad (3)$$

Уравнения (2) и (3) можно рассматривать, как уравнения для определения неизвестных размеров частиц. Левые части этих уравнений известны из наблюдений, а в правых — находятся функции, содержащие в качестве параметра размеры частиц и зависящие от плотности туманности. Однако, их решение сопряжено с большими трудностями и требует специального исследования. Задача упрощается при $b = 1$, т. е., в точке D на границе туманности. В этом случае можно написать:

$$m_c = -2.5 \log I_0 \cdot e^{-\alpha_c R} k_c,$$

$$m_{ж} = -2.5 \log I_0 \cdot e^{-\alpha_{ж} R} k_{ж}.$$

Отсюда, для показателя цвета туманности получаем выражение:

$$C_T = -2,5 \log \frac{k_c}{k_{\lambda}} \cdot e^{-R(\alpha_c - \alpha_{\lambda})} \quad (4)$$

Таким же образом, для показателя цвета ядра имеем:

$$C_{\lambda} = -2,5 \log \cdot e^{-R(\alpha_c - \alpha_{\lambda})} \quad (5)$$

Из (4) и (5) находим:

$$C_T - C_{\lambda} = \Delta C = -2,5 \log \frac{k_c}{k_{\lambda}}$$

или, так как

$$k_{\lambda} \sim \lambda^n$$

$$\Delta C = -2,5n \cdot \log \frac{\lambda_c}{\lambda_{\lambda}}$$

Отсюда, учитывая значение $\frac{\lambda_c}{\lambda_{\lambda}} = 0,8$, окончательно получим

$$n = 4\Delta C \quad (6)$$

Для степени поляризации в точке D имеем:

$$p_R = \frac{k_{\perp}(90) - k_{\parallel}(90)}{k_{\perp}(90) + k_{\parallel}(90)} \quad (7)$$

Уравнения (6) и (7) определяют размеры отражающих частиц на границе туманности.

Для туманности NGC 2023 показатель n оказался равным—1.3, т. е.

$$k_{\lambda} \sim \lambda^{-1.3},$$

что близко к закону межзвездного рассеяния λ^{-1} [12].

Таким образом, на границе туманности диаметр частиц должен быть порядка $5 \cdot 10^{-5}$ см. К тому же выводу приводят результаты поляриметрических наблюдений. Степень поляризации излучения туманности заметно не меняется с расстоянием от ядра (см. фиг. 6). Следовательно, во всех частях туманности размеры частиц в среднем равны. Непосредственно у ядра показатель цвета туманности, как будто, уменьшается. Вероятно, здесь размеры частиц меньше, и отражение света ядра производится по закону, приближающемуся к релеевскому.

Таким образом, результаты нашего исследования NGC 2023 показывают:

1. Свечение туманности радиально поляризовано относительно ядра, т. е. оно обусловлено отражением излучения ядра.

2. Туманность в основном пылевая. Релеевское рассеяние в ней отсутствует. Диаметр частиц оценивается в $5 \cdot 10^{-5}$ см.

6) Туманность NGC 7023

Туманность NGC 7023 находится в созвездии Цефея. Ядром ее является звезда BD +67°1283 фотографической величины 7.^m2, спектраль-

ного класса В5е. Показатель цвета ядра равен в интернациональной системе $+0^m10$, а избыток цвета 0^m36 [13]. Поляризация излучения ядра по нашим измерениям не превышает 1%. Спектр туманности непрерывный [7, 9]. В каталогах туманность отмечается индексом „С“. Расстояние до нее порядка 250 парсек.

Пожалуй, ни одна пылевая туманность не исследована столь хорошо, как NGC 7023. Поляриметрическое исследование этой туманности проведено рядом авторов, однако, все они основывались на гипотезе отражения. Проверка справедливости этой гипотезы не была до сих пор проведена для этой туманности.

По определениям Хеня [14] степень поляризации туманности доходит до 12%. По Глизе и Вальтеру [15] она сильно меняется по туманности и доходит до 55%. Однако, этот результат в дальнейшем при проверке Вестоном [16] не подтвердился. Во многих местах по измерениям последнего поляризация оказалась в 2.5 раза меньше, чем в [15] и нигде не превышала 30%. Измерения Мартель [17] дают для степени поляризации этой туманности значение от 5% до 30%.

Фотометрическое исследование туманности проведено Кинаном [18] и Коллинсом [8]. По определениям Кинана туманность в среднем краснее ядра на 0^m09 , а в одной области в $40''$ к северо-востоку от ядра избыток красного излучения доходит до 0^m55 . Кинан предполагает, что в этой области имеется или сильное селективное поглощение, или локальное красное излучение в линиях.

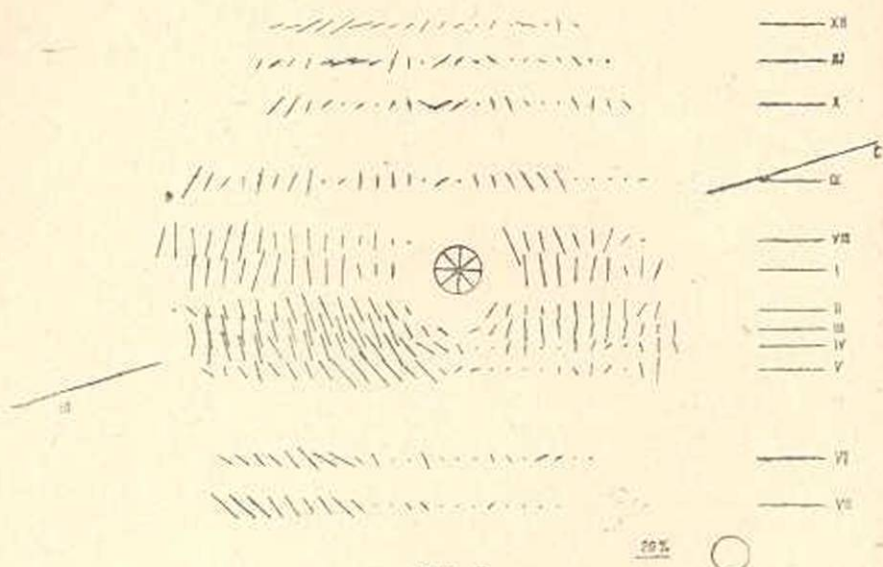
По Коллинсу, наоборот, туманность голубее ядра в среднем на 0^m30 . Так как ими исследованы различные области туманности, повидимому, такое различие могло быть обусловлено тем, что в разных частях туманности имеет различный цвет.

Противоречивые данные относительно степени поляризации излучения туманности требовали проверки справедливости гипотезы отражения, лежащей в основе всех указанных работ.

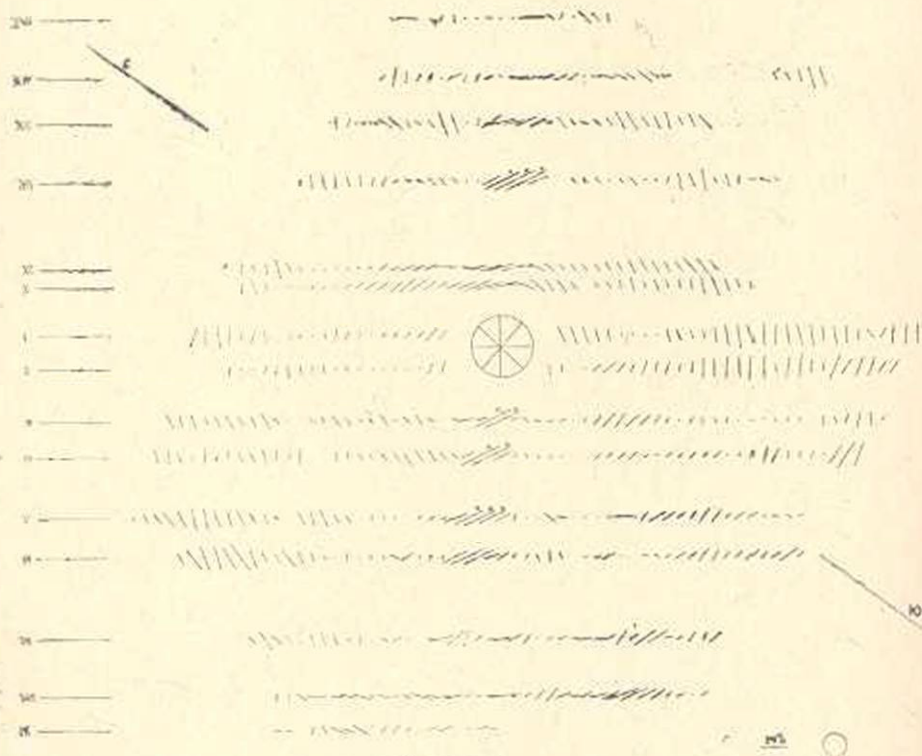
Поляриметрическое исследование туманности произведено по двум сериям снимков. Было измерено около 280 областей в туманности на пластинках I серии и около 640—по II серии. Результаты измерений схематически нанесены на фиг. 7 и 8. Обозначения те же, что и для предыдущей туманности.

Результаты колориметрических измерений помещены в табл. 6. Обозначения те же, что и в табл. 4. Сечения фиг. 8, совпадающие с таковыми табл. 6, обозначены одним номером.

Как видно из фиг. 7 и 8, излучение туманности действительно радиально поляризовано относительно ядра. Среднее значение $p \cdot \Delta\theta$ порядка 180, что находится в пределах ошибок (см. табл. 5). Средняя степень поляризации излучения туманности равна 13% и не превосходит 30%, что находится в хорошем согласии с данными Вестона и Мартель. Туманность голубее ядра в среднем на 0^m22 . Это близко к значению, даваемому Коллинсом. На фиг. 9 приведена зависимость



Фиг. 7



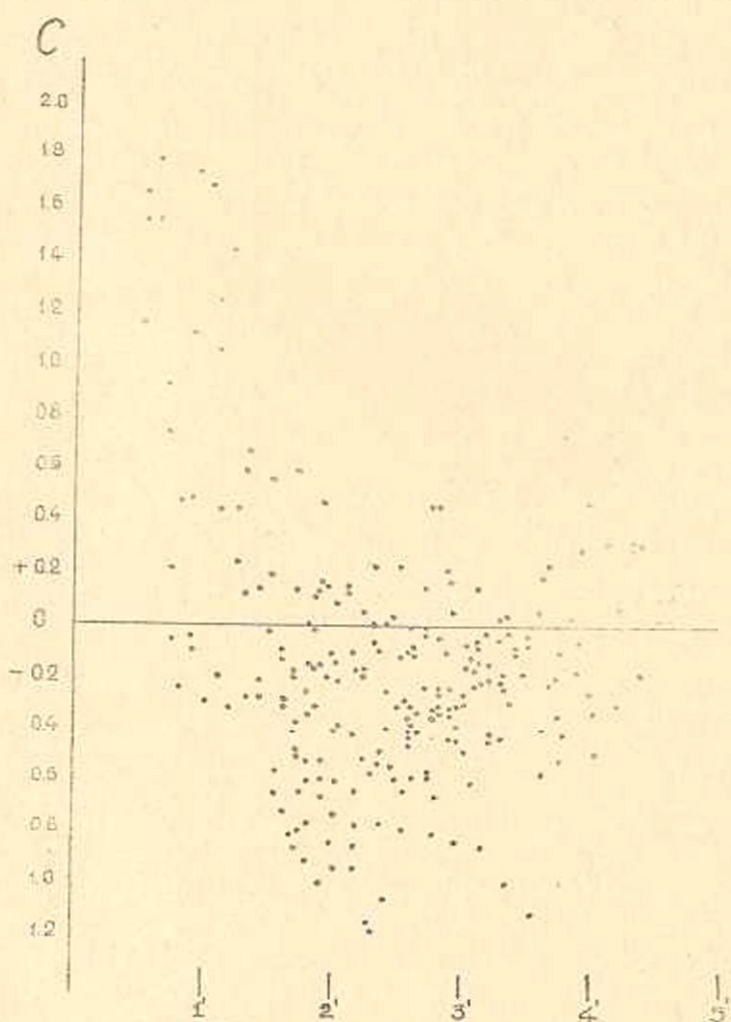
Фиг. 8.

Таблица 6

Номер сечения	Номер обл.	m_c	m_k	C	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5					
I	1	22.34	22.88	-0.54	IV	6	21.15	21.00	+0.15
	2	22.05	22.78	-0.73		7	21.10	21.10	0.00
	3	22.10	22.88	-0.78		8	21.06	20.82	+0.24
	4	21.43	22.32	-0.89		9	21.15	20.54	+0.61
	5	21.39	21.88	-0.49		10	21.36	20.80	+0.56
	6	21.11	21.88	-0.77		11	21.54	21.22	+0.32
	7	20.90	21.82	-0.92		12	21.45	21.47	-0.02
	8	20.70	21.48	-0.78		13	21.26	21.22	+0.04
	9	20.29	20.60	-0.31		14	21.26	21.34	-0.08
	10	19.96	20.60	-0.64		15	21.81	21.62	+0.19
	11	19.79	20.36	-0.57		16	22.31	22.30	+0.01
	12	19.49	20.16	-0.67		1	22.42	22.88	-0.46
	13	19.09	19.99	-0.90		2	22.41	22.28	+0.13
	14	18.51	19.60	-1.09		3	21.54	22.13	-0.59
	15	18.36	19.49	-1.13		4	21.38	22.22	-0.84
	16	19.39	19.97	-0.58		5	21.09	21.96	-0.89
	17	19.79	20.04	-0.25		6	20.80	21.45	-0.65
	18	20.02	20.17	-0.15		7	21.11	21.18	-0.07
	19	20.34	20.17	+0.17		8	20.93	21.37	-0.44
	20	20.55	20.08	+0.47		9	20.23	20.82	-0.59
	21	20.83	20.72	+0.11		10	19.95	20.23	-0.28
	22	21.11	21.22	-0.11		11	19.34	20.07	-0.68
	23	21.38	21.68	-0.30		12	19.09	19.88	-0.79
	24	21.45	21.22	+0.23		13	18.71	19.71	-1.00
	25	21.81	22.48	-0.67		14	18.69	19.66	-0.97
	26	22.03	22.48	-0.45		15	18.71	19.60	-0.89
	27	22.51	22.78	-0.27		16	18.84	19.66	-0.82
	28	22.49	22.68	-0.19		17	19.45	20.00	-0.55
II	1	22.41	22.78	-0.37	VI	18	19.96	20.20	-0.24
	2	22.47	22.54	-0.07		19	20.19	20.18	+0.01
	3	22.11	22.32	-0.21		20	20.33	20.32	+0.01
	4	21.47	22.08	-0.61		21	20.50	20.32	+0.18
	5	21.06	21.94	-0.88		22	20.86	20.88	-0.02
	6	20.86	21.28	-0.42		23	21.12	21.41	-0.29
	7	20.58	20.66	-0.08		24	21.79	21.94	-0.15
	8	20.52	20.66	-0.14		25	22.17	22.20	-0.03
	9	20.28	20.66	-0.38		26	22.22	22.30	-0.08
	10	20.02	20.36	-0.34		27	22.28	22.38	-0.10
	11	19.74	20.17	-0.43		1	22.41	22.82	-0.41
	12	19.82	20.18	-0.36		2	22.03	22.48	-0.45
	13	19.60	20.15	-0.55		3	21.76	22.48	-0.72
	14	19.19	20.00	-0.81		4	21.48	22.38	-0.90
	15	19.04	19.82	-0.78		5	21.28	22.48	-1.20
	16	18.99	19.86	-0.87		6	21.28	22.54	-1.26
	17	19.26	19.88	-0.62		7	21.14	21.44	-0.30
	18	19.55	20.02	-0.47		8	21.11	22.39	-1.28
	19	19.68	20.07	-0.39		9	21.00	22.39	-1.39
	20	19.86	20.06	-0.20		10	20.58	21.68	-1.10
	21	19.89	20.11	-0.22		11	20.49	20.66	-0.17
	22	20.04	20.16	-0.12		12	20.34	20.88	-0.54
	23	20.48	20.39	+0.09		13	20.15	20.44	-0.29
	24	20.97	21.08	-0.11		14	20.11	20.32	-0.21
	25	21.50	21.88	-0.38		15	20.11	20.36	-0.25
	26	21.79	21.94	-0.15		16	20.02	20.16	-0.14
	27	22.03	22.08	-0.05		17	20.07	20.20	-0.13
III	1	20.72	21.10	-0.38	18	20.14	20.32	-0.18	
	2	20.69	20.82	-0.13	19	20.44	20.31	+0.13	
	3	20.48	20.48	0.00	20	20.43	20.35	+0.08	
	4	20.65	20.47	+0.18	21	20.58	20.53	+0.05	
	5	20.82	20.53	+0.29	22	20.89	21.40	-0.51	
					23	21.24	21.88	-0.64	
					24	21.55	22.12	-0.57	
					25	21.68	22.22	-0.54	
					26	21.93	22.58	-0.65	

показателя цвета туманности от расстояния до ядра. Как видно из этой фигуры средний показатель цвета туманности отрицателен. Однако, в наиболее ярких местах около ядра туманность показывает избыток красного излучения, на что ранее указывал Кинан.

По степени поляризации и показателю цвета туманности можно заключить об отсутствии релеевского рассеяния в ней. Для этой туманности значение μ получается равным -0.9 , т. е. порядка -1 . Отсюда можно сделать заключение, что размеры частиц на границе ту-

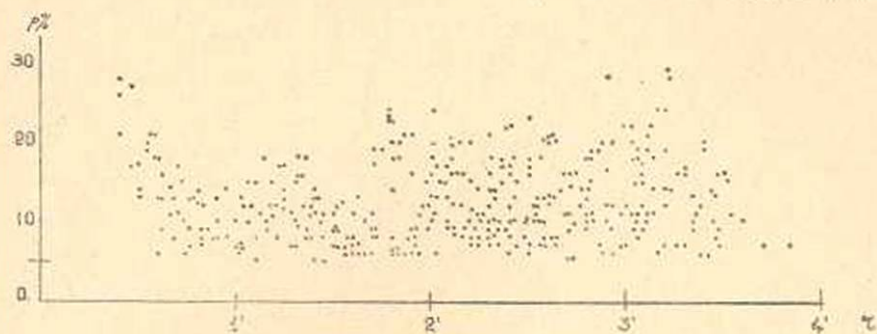


Фиг. 9.

манности того же порядка, что и размеры межзвездной пыли—порядка $5 \cdot 10^{-5}$ см.

К тому же результату приводят и поляризметрические данные. Относительно размеров частиц для внутренних областей туманности можно заключить, что они по порядку не должны сильно отличаться

от граничных. Это заключение можно сделать из приведенного на фиг. 10 графика зависимости степени поляризации от расстояния до ядра. Заметной зависимости между этими величинами не наблюдается. Избыток красного излучения вблизи от ядра можно объяснить погло-



Фиг. 10.

щением в самой туманности, которое должно быть значительно больше у ядра, чем на границе туманности.

Эти данные приводят к выводам:

1. Излучение туманности NGC 7023 радиально поляризовано относительно ядра, что подтверждает справедливость гипотезы отражения для нее.

2. Туманность в основном пылевая. Релеевское рассеяние в ней отсутствует. Диаметр частиц пыли порядка $5 \cdot 10^{-5}$ см.

В заключение выражаю благодарность академику В. А. Амбарцумяну и доценту В. А. Домбровскому за советы при выполнении настоящей работы.

Է. Ե. ԽԱՅԻԿՅԱՆ

NGC 2023 ԵՎ NGC 7023 ՄԻԳԱՄԱԾՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԲԵՎԵՌԱՑՄԱՆ ԱՍՏԻՃԱՆԻ ԵՎ ԳՈՒՅՆԻ ՉԱՓՈՒՄԸ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Աշխատության մեջ քերված են NGC 2023 և NGC 7023 միգամածությունների բևեռացման և դույնի չափումների արդյունքները: Բևեռացման չափումների արդյունքները սխեմատիկորեն քերված են 1, 2, 3 (NGC 2023-ի համար) և 7, 8 (NGC 7023-ի համար) գծադրերում: Գույնային չափումների արդյունքները քերված են 4 (NGC 2023) և 6 (NGC 7023) աղյուսակներում: Ճառագայթման միջին բևեռացման աստիճանը երկու միգամածությունների համար միևնույնն է և հավասար $13\frac{1}{2}\%$ -ի: Միջին դույնի ցուցիչը հավասար է 0^m37 -ի NGC 2023-ի համար և 0^m11 -ի՝ NGC 7023-ի համար: Միգամածության գնդաձև մոդելի հիման վրա ստացված

են (2) և (3) բաժանները, որոնք բևեռաչափական և գունաչափական տվյալների միջոցով որոշում են մասնիկների անհայտ չափերը: Մասնավորապես, միզամածության եզրային մասերի համար ստացվել են (6) և (7) բաժանները: Այս բաժաններից կարելի է գնահատել մասնիկների չափերը:

Ստացված արդյունքներից երևում է՝

1. Միզամածությունների ճառագայթումը ցույց է տալիս սադիալ բևեռացում՝ միջուկի նկատմամբ:

2. Միզամածությունները հիմնականում փռված են: Ռեկլյան ցրումը նրանց մեջ կրայադրում է: Մասնիկների արտադիմը գնահատվում է $5 \cdot 10^{-5}$ սմ:

ЛИТЕРАТУРА

1. Slipher W. Lowell. Obser. bull. № 555, 1912.
2. Амбарцумян В. А. Сообщения Бюраканской обсерв., вып. 13, 1954.
2. Домбровский В. А. ДАН СССР, 94, 1021, 1954.
4. Խաչիկյան Յ. Է. ДАН Арм. ССР, 21 № 2, 63, 1955.
5. Խաչիկյան Յ. Է. ДАН Арм. ССР, 23, № 2, 49, 1956.
6. Sharpless C. Ap. J. 116, 251, 1952.
7. Hubble E. Ap. J. 56, 162 and 400, 1922.
8. Collins O. Ap. J. 86, 529, 1937.
9. Greenstein J. and Henyey L. Ap. J. 89, 653, 1939.
10. Wolf A. N. 180, 152, 1908.
11. Шайн Г. А. и Газе В. Ф. Известия КРАО, 9, 52, 1952.
12. Struve O. Ann. d. Ap. 1, 143, 1938.
13. Stebbins J., Huffer C., Whitford A. Ap. J. 91, 20, 1940.
14. Henyey L. Ap. J. 84, 609, 1936.
15. Glise O. and Waller, Zs. f. Ap. 29, 94, 1951.
16. Weston E. Ap. J. 57, 28, 1952.
17. Martet M. C. R. 232, 2183, 1951.
18. Keenan P. Ap. J. 84, 600, 1936.