

Академик В. Г. ФЕСЕНКОВ

ТУМАННОСТЬ АНДРОМЕДЫ И СТРОЕНИЕ ГАЛАКТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

1. В настоящее время установлено, что галактическая система во всех отношениях походит на спиральную туманность типа Sb или Sc по классификации Хаббла. В особенности большое сходство имеет она с туманностью Андромеды в отношении размеров, частоты появления новых и сверхновых, наличия Цефеид и сверхгигантских звезд, шаровых звездных куч и, наконец, наличия темной поглощающей материи, сосредоточенной преимущественно в плоскости спиральных ветвей. Вследствие этого одним из средств исследования строения нашей галактики является применение к ней общих закономерностей, установленных из наблюдений для других подобных образований — спиральных туманностей.

2. Мною предпринято исследование поверхностной яркости в различных точках туманности Андромеды в фотографических и визуальных лучах, по материалам, полученным мною в 1931—1932 гг. в Кучинской астрофизической обсерватории и отчасти по моей просьбе С. К. Всехсвятским на нормальном астрографе Ташкентской обсерватории.

Визуально при помощи фотометра Розенберга, соединенного с 5" кометоискателем Цейсса, были промерены яркости ядра туманности и различных областей спиральных ветвей до расстояния в 40' от ее центра с привязкой к внефокальному изображению α -Андромеды с целью выразить результаты измерения в числе звезд 5-й величины на кв. градус.

Фотографически яркость измерялась на пластинках, полученных с экспозициями до 4 часов на камерах Триплет Цейсса (F = 70 см, светосила 1:5), Тессар Цейсса (F = 30 см, светосила 1:3,5) и ташкентским нормальным астрографом (до углового расстояния от центра в 3'). Для выражения фотографических измерений в аналогичных абсолютных единицах на камере Триплет применялась «двухэтажная» кассета. Средняя ее часть служила для фотографирования туманности в точном фокусе; краевые части, смещенные параллельно на 1 см к объективу, — для фотографирования внефокальных изображений окружающих звезд. По известным фотографическим яркостям 14 подобных звезд можно было все измерения на пластинках Триплета выразить в тех же абсолютных единицах. Измерения, сделанные по пластинкам других инструментов, были редуцированы на шкалу Триплета по перекрывающимся частям кривых распределения яркости. В визуальных лучах имеем для поверхностной яркости j в числе звезд 5-й величины на 1 кв. градус:

Расстояние от ядра	0'	0',6	1',2	8',2	12',4	16',4	23',5	34',1	39',9
.	900?	145	72,2	8,0	5,9	3,5	2,5	1,0	1,2

В фотографических лучах по сглаженной кривой имеем:

Расстояние от ядра	0'	0',6	2'	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'
j	111?	76	29,9	11,3	4,17	2,47	1,82	1,39	1,08	0,89

Отсюда видно, что на протяжении 40' от центра яркость падает более, чем в 100 раз. В центральных частях туманность отличается желтым цветом (колор-индекс 0,6), в периферийных — белым (колор-индекс около 0,4).

3. Наблюдаемое распределение яркости в туманности Андромеды может быть представлено простой формулой

$$f(r) = a + \frac{b}{r} + \frac{c}{r^2} + \dots,$$

где $a = -0,04$; $b = 0,14$; $c < 0,01$ (r выражено в долях радиуса, за который условно принято расстояние в 40').

Ограничиваясь первыми двумя членами, представляем следующим образом наблюдаемое фотографическое распределение яркости.

r	0'	5'	10'	15'	20'	25'	27'	30'	35'	40'
r^{-1}	∞	8	4	2,67	2,00	1,60	1,48	1,33	1,14	1,00
j (набл.)	1,00	0,110	0,042	0,026	0,0182	0,014	0,0126	0,0111	0,0087	—
$f(r)$	∞	0,084	0,040	0,025	0,0180	0,014	0,0123	0,0107	0,0086	—

Как известно, в нашей галактической системе не наблюдается подобного резкого увеличения яркости к галактическому центру, соответствующему галактической долготе 327° в согласии с направлением на центр системы шаровых звездных куч. Это может быть объяснено тем, что именно в галактической плоскости расположены многочисленные темные облака, ослабляющие яркость Млечного Пути в особенности в направлении на его центр.

Пусть поглощающая материя образует сравнительно тонкий плоскопараллельный слой толщиной в h парсеков. Солнце расположено от центра на расстоянии $\frac{2}{3}$ радиуса галактики, что соответствует в случае туманности Андромеды 27' от центра. Полагая, что действительная яркость галактических образований представляется той же функцией $f(r)$, найдем для их видимой яркости, наблюдаемой с Земли на различных угловых расстояниях α от центра:

$$J = \left(a + \frac{b}{l} + \frac{c}{l^2} \right) \frac{1}{\tau_1} (1 - e^{-ks_1}) + \left(\frac{b}{l} + \frac{2c}{l^2} \right) \cos \alpha \frac{3}{2} \frac{1}{\tau_1^2} (1 - e^{-ks_1} - ks_1 e^{-ks_1}) - \left[\frac{b}{2l} \left(1 - \frac{3}{2} \cos \alpha \right) + \frac{c}{l^2} (1 - 4 \cos^2 \alpha) \right] \frac{9}{2\tau_1^3} \left[1 - e^{-ks_1} - ks_1 e^{-ks_1} - \frac{1}{2} k^2 s_1^2 e^{-ks_1} \right],$$

где τ_1 — оптическая толща, соответствующая всему расстоянию от центра до периферии галактики, а ks_1 — оптическая толща, взятая по лучу зрения. Очевидно, что

$$ks_1 = \tau_1 \left[\frac{2}{3} \cos \alpha + \sqrt{1 - \frac{4}{9} \sin^2 \alpha} \right].$$

Для нашей галактики имеются все основания полагать, что τ_1 очень велико, однако не настолько, чтобы совершенно замаскировать возрастание яркости Млечного Пути в направлении на его центр. Полагая поэтому, что $e^{-ks_1} = 0$, находим для яркости Млечного Пути простую формулу

$$J = C (1 + K \cos \alpha),$$

где

$$K = \frac{3}{2\pi} \frac{\frac{b}{l} + \frac{2c}{l^2}}{a + \frac{b}{l} + \frac{c}{l^2}},$$

причем l означает расстояние Солнца от центра. С указанным выше значением b и c находим

$$K = 3,9 (2\tau_1)^{-1}.$$

Мои наблюдения, произведенные в 1934 г. в Китабе, позволяют вывести яркость во многих областях Млечного Пути в числе звезд 5-й величины на кв. градус с учетом влияния земного свечения атмосферного происхождения, а также влияния зодиакального света, зависящего от материи, сосредоточенной в нашей планетной системе. В результате оказалось возможным построить изофоты чисто галактической яркости, на основании которых выявлено следующее распределение:

Галактическая долгота λ	145°	110°	60°	350°
Угловое расстояние от центра α	180°	145°	95°	25°
Видимая яркость Млечного Пути	1,75	2,00	2,5	3,0

Отсюда для k находим приблизительно 0,25, что дает

$$2\tau_1 = 16.$$

Это характеризует поглощение света во всей галактической системе, считаемое по ее диаметру.

Если предположить, что материя, производящая это поглощение, находится в газообразном состоянии и по свойствам тождественна с атмосферным воздухом, то для ее общей массы находим на основании теории Рэлея

$$4,10^5 \tau_1 h \text{ миллиардов солнечных масс,}$$

где h — толщина слоя поглощающей материи — выражена в сотнях парсеков (многими авторами h принимается равным 6). Подобная масса явно невозможна.

С другой стороны, предполагая, что материя находится в мелкораспыленном состоянии с диаметром частиц примерно в 100 μ (наибольшая эффективность поглощения при данной массе), находим согласно теории Ми общую массу порядка

$$10^{-2} \tau_1 h \approx 0,5 \text{ миллиардов солнечных масс.}$$

Действительная масса пылевой материи должна быть, несомненно, больше.

Поступило
23 V 1940