

В. А. ДОМБРОВСКИЙ

О ПРИРОДЕ ИЗЛУЧЕНИЯ КРАБОВИДНОЙ ТУМАННОСТИ

(Представлено академиком В. А. Амбарцумяном 19 XII 1953)

Излучение Крабовидной туманности — очень любопытного объекта, по всей вероятности, появившегося в результате вспышки Сверхновой 1054 г. — состоит из двух частей: излучения с линейчатым спектром, локализованного в волокнистой составляющей туманности, и излучения с непрерывным спектром, присущего аморфному фону. Линейчатый спектр идентифицируется как спектр: H, He I, He II, [N II], [O I], [O II], [O III] и [S II], и механизм его образования не вызывает сомнений — это обычный механизм фотоионизации с последующими рекомбинациями. Что касается непрерывного спектра, то распределение энергии в нем может быть приближенно описано цветовой температурой порядка 6000° , причем скачок в этом распределении у границы бальмеровской серии отсутствует. По имеющимся оценкам, интенсивность излучения с непрерывным спектром составляет более 80% от общего излучения туманности. Механизм образования этого излучения, в отличие от механизма образования излучения с линейчатым спектром, остается неясным до сих пор. Очевидно, что этим механизмом не может быть рассеяние излучения центральной звезды ни на свободных электронах ни на пылинках, так как туманность много ярче своей центральной звезды и, повидимому, полностью прозрачна. Попытки же истолковать это излучение как возникающее в результате свободно-свободных и свободно-связанных переходов в ионизованном газе туманности приводят к необходимости наделять как туманность, так и центральную звезду весьма необычными свойствами (¹). При этом более тщательное рассмотрение вопроса показывает, что, даже приняв в туманности совершенно особые условия, все же не удается полностью объяснить характер ее излучения.

В последние годы выяснилось, что Крабовидная туманность является мощным источником радиоизлучения примерно равной интенсивности в интервале частот от 40 до 1200 Мгц. Попытки объяснить это излучение опять механизмом свободно-свободных переходов электронов не дают возможности примирить между собой оптическое излучение и радиоизлучение (^{2, 3}).

Все это дало основание И. С. Шкловскому предположить, что в Крабовидной туманности излучение с непрерывным спектром как в радиодиапазоне, так и в оптическом диапазоне есть тормозное излучение релятивистских электронов в магнитном поле (^{2, 4}). И хотя на пути использования этого механизма для объяснения излучения Крабовидной туманности имеются трудности, нам этот механизм представляется весьма перспективным. Известно, что релятивистский электрон при движении в магнитном поле является источником электромагнитного излучения, охватывающего как оптический, так и радиодиапазон. При этом излучение ока-

зывается сосредоточенным в плоскости движения электрона и поляризованным так, что электрический вектор лежит в той же плоскости. В свете этого последнего замечания большой интерес приобретает вопрос, не является ли излучение Крабовидной туманности поляризованным.

Наблюдения, имеющие своим назначением выяснить поляризовано или нет излучение Крабовидной туманности, были нами поставлены в августе — сентябре 1953 г. на Бюраканской астрофизической обсерватории. Для наблюдений был использован разработанный нами ранее фотоэлектрический поляриметр (5). Этот поляриметр по сути дела соединяет в себе электрофотометр, построенный на использовании фотоумножителя

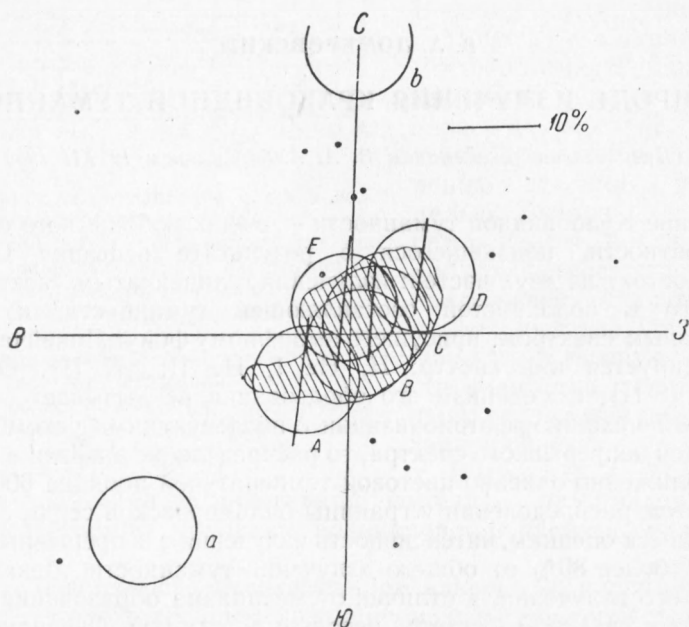


Рис. 1. Крабовидная туманность с указанием участков наблюдения и с графическим изображением результатов определения поляризации ее света

ФЭУ-17, с анализатором. В качестве анализатора при наблюдениях Крабовидной туманности был взят поляририд. Поляриметр использовался в комбинации с 16-дюймовым рефлектором в его кассегреновской комбинации ($D = 400$ мм, $F = 3200$ мм). Из-за малой поверхностной яркости туманности наблюдения с удовлетворительной точностью мы могли производить лишь при относительно большой входной диафрагме поляриметра — использовалась диафрагма диаметром 2 мм, что соответствовало участку неба примерно в 3 кв. минуты.

Наблюдательная процедура состояла в том, что после установки поляриметра на подлежащий изучению участок туманности производилось сравнение интенсивности излучения от него для двух взаимно-перпендикулярных плоскостей колебаний при значениях позиционных углов этих плоскостей через каждые 15° . Так как фон неба в окрестностях туманности был сравним по яркости с самой туманностью и, вообще говоря, мог оказаться поляризованным, наблюдения туманности сопровождалась наблюдениями фона в нескольких участках вблизи туманности, для которых применялась та же самая наблюдательная процедура.

В дальнейшем рассматривалось изменение разницы интенсивности излучения «чистой» туманности для двух взаимно-перпендикулярных плоскостей колебаний Δi в зависимости от изменения позиционного угла этих

плоскостей φ . При этом Δi_φ получалось из отсчетов гальванометра n согласно выражению

$$\Delta i_\varphi = \frac{(n_\varphi - n_{\varphi+90})_{\text{тум}} - (n_\varphi - n_{\varphi+90})_{\text{фон}}}{(n_\varphi + n_{\varphi+90})_{\text{тум}} - (n_\varphi + n_{\varphi+90})_{\text{фон}}}$$

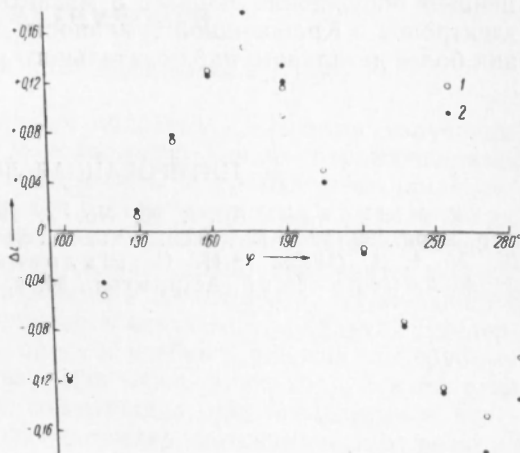
Затем изменение Δi_φ изображалось графически и представлялось кривой

$$\Delta i_\varphi = \delta \cos 2(\varphi - \varphi_0),$$

откуда и определялась степень поляризации δ и позиционный угол плоскости преимущественных колебаний электрического вектора φ_0 .

Туманность наблюдалась в 5 участках (см. кружки *A, B, C, D, E* на рис. 1; *a* и *b* — ближайšie к туманности участки фона). Фон во время наблюдений во всех участках был примерно одинаков по яркости, составляя от $1/3$ до $1/4$ измеряемого излучения туманности; при этом он был найден частично поляризованным со степенью поляризации около 6% и с позиционным углом плоскости преимущественных колебаний около 190° . Как степень поляризации, так и положение плоскости преимущественных колебаний фона оказались в небольших пределах различными для разных моментов наблюдения. При освобождении наблюдений туманности от фона принимались средние значения фона, полученные из наблюдений его до и после наблюдений рассматриваемого участка туманности.

Рис. 2. Наблюдения Крабовидной туманности в области *A*. 1 — 16 IX, 2 — 2 X



На рис. 2 графически изображены наблюдения туманности в области *A*, освобожденные за фон, полученные 16 IX и 2 X. Этот график дает хорошее представление о точности определения параметров поляризации. Результаты поляриметрических наблюдений Крабовидной туманности приведены в табл. 1 и представлены графически на рис. 1 (на этом рисунке поляризация в разных участках туманности изображена прямыми, направления которых соответствуют плоскостям преимущественных колебаний, а длина — степени поляризации).

Таблица 1

Область	Момент наблюдения (в мировом времени)	δ , %	φ , °
<i>A</i>	1953 IX 16.04	14,5	170
<i>A</i>	X 4.98	15,0	172
<i>B</i>	X 5.01	14,0	168
<i>C</i>	X 2.93	11,0	175
<i>D</i>	X 5.03	9,0	175
<i>E</i>	X 5.06	15,0	172

Приведенные данные показывают, что излучение туманности, собранное с площадок размером в 3 кв. минуты, поляризовано. При этом, хотя степень поляризации для разных участков найдена различной, но направление преимущественных колебаний во всех случаях оказывается почти одним и тем же. Это направление составляет угол около 20° с направлением галактического экватора и с совпадающим с ним направлением наибольшей протяженности туманности.

Тот факт, что излучение туманности оказалось поляризованным, является новым и, повидимому, решающим аргументом против механизма свечения туманности путем свободно-свободных и свободно-связанных переходов в ионизованном газе туманности. Характер поляризации также не может быть согласован с предположением, что рассматриваемое излучение появилось в результате рассеяния света центральной звезды. Мы сейчас можем указать только один механизм, на основе которого можно получить объяснение вышеприведенных результатов,— это тормозное излучение релятивистских электронов в магнитном поле. В свете этого механизма результаты наших наблюдений указывают на наличие в Крабовидной туманности релятивистских электронов, движущихся так, что луч нашего зрения заключен в плоскости их движения*. При этом преимущественным направлением движения электронов должно быть направление, близкое к галактическому экватору. Однако нам кажется, что дальнейшее обсуждение вопроса о магнитном поле и о характере движения электронов в Крабовидной туманности должно быть отложено до получения более детального наблюдательного материала.

Поступило
15 XII 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ R. Minkowski, *Ap. J.*, **96**, No. 2, 199 (1942). ² И. С. Шкловский, *Астр. журн.*, **30**, в. I, 15 (1953). ³ J. Greenstein, R. Minkowski, *Ap. J.*, **118**, № 1, 1 (1953). ⁴ И. С. Шкловский, *ДАН*, **90**, № 6, 983 (1953). ⁵ В. А. Домбровский, *Астр. журн.*, **30**, в. 6 (1953).

* В случае, если совпадения луча зрения с плоскостью движения электрона нет, излучение электрона нами наблюдаться не будет. Не в этом ли лежит причина того, что в других туманностях, также, вероятно, образовавшихся в результате вспышек Сверхновых, нет сильного непрерывного спектра, подобного спектру Крабовидной туманности?