

Г. А. Гурзаян и Н. А. Размадзе

## ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПЛАНЕТАРНОЙ ТУМАННОСТИ NGC 7026

В настоящее время имеются некоторые данные, говорящие о том, что в планетарных туманностях существуют магнитные поля дипольного типа [1, 2]. С другой стороны, согласно [3], ядра планетарных туманностей являются недавно возникшими, еще не совсем сформировавшимися звездами, а сами туманности — остатками звездообразовательного процесса. Не исключена, поэтому, возможность испускания со стороны центральной звезды релятивистских электронов, взаимодействие которых с магнитным полем туманности может привести к появлению магнитотормозного (синхротронного) излучения, в частности в диапазоне оптических волн. Относительная доля энергии синхротронного излучения, непрерывного по своему спектру, должна быть небольшая и ее трудно будет выделить среди общего непрерывного излучения туманности, которое, как известно, имеет в основном двухфотонное происхождение. Но, в отличие от обычного непрерывного излучения, синхротронное излучение должно быть поляризовано. Поэтому представляется возможность, проведя поляриметрические исследования непрерывного излучения планетарных туманностей, проверить гипотезу об испускании ими синхротронного излучения и тем самым получить прямое доказательство существования магнитных полей, а также релятивистских электронов в них.

Теоретически степень поляризации синхротронного излучения, испускаемого бесконечно малым объемом, очень высокая — порядка 70% [4]. В действительности же, из-за

эффекта проекции. средняя степень поляризации излучения, когда излучающий объем имеет сложную пространственную структуру, должна быть значительно меньше этой величины. А когда измеряется наблюдаемое непрерывное излучение, представляющее собой смесь поляризованного синхротронного и неполяризованного двухфотонного и рекомбинационного излучения (водорода и гелия), то степень поляризации такого излучения даже может оказаться на пороге возможности обнаружения. Если ко всему этому прибавить, что непрерывный спектр планетарных туманностей обычно очень слаб, а после прохождения через соответствующий фильтр (для его выделения из сильного линейчатого спектра) и поляриод он слабеет еще больше, то становится ясным трудность решения поставленной задачи непосредственными наблюдениями.

Несмотря на это, нами сделана попытка проверить наличие синхротронного излучения у одной планетарной туманности — NGC 7026. Выбор этой туманности диктуется в основном тем, что у нее биполярность структуры выражена очень сильно: она является одной из типичных представителей биполярных туманностей (снимки этой туманности см. в [1, 2], а также в [5]). Согласно [2], биполярная форма у планетарных туманностей может образоваться только при наличии в них магнитных полей. Далее, эта туманность, наряду с малыми размерами, обладает сравнительно высокой поверхностной яркостью, равной  $\sim 9^m$  с одной квадратной минуты. Наконец, склонение этой туманности таково, что позволяет провести ее наблюдение в наших широтах почти в зените.

Снимки туманности были получены в первом фокусе 70-сантиметрового менискового телескопа Абастуманской обсерватории осенью 1958 года. Комбинация пластинки Илфорд-Зенит с фильтром ФС-1 (ЛЕНЗОС) и герпатитовым поляриодом позволяет выделить свободную от относительно сильных эмиссионных линий область непрерывного спектра в интервале длин волн  $\lambda$  3740—4600 (пропускаемость на указанных волнах составляет 25%); максимум пропускаемо-

сти приходится на  $\lambda$  4200. Стандартизация пластинок осуществлена с помощью лабораторного ступенчатого спектрофотометра.

Снимки были получены при хорошем состоянии неба в интервале зенитного расстояния 6—17°, с экспозициями в 30 минут. Всего были получены три серии снимков, причем две из них состоят из четырех пластинок, соответствующих положениям полярной звезды 0°, 60° и 120° (в одном из этих направлений — по две пластинки), а третья — из трех пластинок. Фактически эти три серии эквивалентны пяти сериям, правда, не вполне независимым друг от друга. Поэтому наши окончательные результаты — определение степени поляризации и позиционного угла плоскости поляризации — представляют собой арифметическое среднее из этих пяти определений.

Измерения почернений изображений туманности на негативах были осуществлены путем получения микрофотометрических сечений этих изображений (вдоль малой оси туманности, проходящей через обе „шапки“) на саморегулирующемся микрофотометре Бюраканской обсерватории при рабочих размерах щели  $0,06 \times 0,10$  мм. Ввиду малых размеров щели был установлен новый гальванометр типа М21/1, взамен старого (М21), со значительно большей чувствительностью — порядка  $10^{-10}$  А/мм/мм.

Из-за малых размеров принятой щели микрофотометра влияние зернистости эмульсии фотопластинки очень сильно сказалось при получении записи на участке фона пластинки; амплитуда колебаний при этом доходила до 30—40 мм (при предельном отбросе между фоном и темнотой порядка 120 мм). В этих условиях нахождение среднего уровня фона путем глазомерной оценки, как это делается обычно, не может обеспечить требуемой точности измерения. Поэтому была применена разработанная в [6] методика нахождения среднего уровня фона пластинки с помощью электрофотометрического планиметра.

Для среднего значения степени поляризации непрерывного излучения планетарной туманности NGC 7026 было найдено указанным способом:  $p = 5,3\%$ , со среднеквадра-

тичной ошибкой одного определения, равной  $\pm 1.7\%$ . Эта ошибка характеризует внутреннюю сходимость между нашими сериями измерений. Чтобы получить некоторое представление о внутренней сходимости процедуры измерения пластинок, был проделан следующий опыт. Были получены микрофотометрические разрезы изображения туманности три раза подряд на одной и той же взятой наугад из нашей серии пластинке (пл. 987), причем каждый раз повторялась заново вся процедура измерения — установка изображения под щелью, подбор ширины щели, фокусировки и пр. Таким образом, были найдены три значения интенсивности. Степень поляризации, вычисленная из этих интенсивностей, оказалась меньше одного процента. В другом опыте определена степень поляризации по двум снимкам, соответствующим одному и тому же положению поляроида, в одной и той же серии снимков, считая, что одна из интенсивностей соответствует максимуму колебания электрического вектора, другая — минимуму. Она оказалась порядка  $2,5\%*$ .

Полученная степень поляризации непрерывного спектра рассматриваемой туманности оказалась небольшой и немного превышающей ошибки наблюдений. Но она, по-видимому, реальна и возможно указывает на наличие некоторого количества синхротронного излучения в туманности NGC 7026, а тем самым на существование магнитных полей и релятивистских электронов в ней.

Есть подозрение, что в отдельных частях туманности степень поляризации значительно превышает найденное нами среднее для всей туманности значение. К сожалению, малый масштаб нашего снимка ( $98''$  на одном миллиметре) не позволяет провести детальное изучение поляризации по туманности.

---

\* Выражаем благодарность В. А. Амбарцумяну и Б. Е. Маркарян, обратившим внимание авторов на желательность проведения указанных опытов.

Определен также угол, составленный плоскостью поляризации и магнитной осью туманности\*. Он оказался приблизительно равным:  $\theta = 63^\circ \pm 14^\circ$ .

Магнитные силовые линии дипольного поля в области „шапок“ биполярной туманности направлены почти параллельно магнитной оси туманности. Поскольку излучение релятивистского электрона происходит в основном в плоскости, почти перпендикулярной магнитной силовой линии, то плоскость поляризации синхротронного излучения должна быть приблизительно перпендикулярной магнитной оси туманности, то есть мы должны были бы иметь, в случае идеальной симметричной туманности,  $\theta \approx 90^\circ$ . Сравнивая это с тем, что было найдено выше наблюдениями, мы видим, что в пределах ошибок измерения получено хорошее согласие теории с наблюдениями. Пожалуй, именно этот результат — приблизительно совпадение направления плоскости поляризации с теоретически ожидаемой плоскостью — является, по нашему мнению, более убедительным свидетельством в пользу существования магнитных полей и релятивистских электронов в туманности NGC 7026, чем один только факт получения отличного от нуля значения степени поляризации.

В связи с обсуждаемым здесь вопросом интересно упомянуть об одной работе Пейджа [7], где он приводит результаты поляриметрических измерений непрерывных спектров ряда планетарных туманностей. С помощью электрофотометра Хильтнера он измерил поляризацию непрерывного спектра в синих лучах ( $3500 < \lambda < 4700$ ) у двух планетарных туманностей из шести подвергнутых изучению (NGC 1535, 2392, 3243, 6210, 6543 и IC 3568). Степени поляризации оказались: меньше  $5\%$  — для NGC 6210, и меньше  $10\%$  — для IC 3568. Вторая из этих туманностей является двухлобчатой, без заметных признаков биполярности (насколько можно судить по маломасштабному снимку Дункана [8]). Более интересна

\* Магнитная ось биполярной туманности направлена перпендикулярно экваториальной плоскости туманности, то есть плоскости, проходящей через обе „шапки“. Указанная выше малая ось туманности перпендикулярна магнитной оси.

первая туманность — NGC 6210: она является типичным представителем спиралевидных туманностей [8], а следовательно, в ней должны присутствовать магнитные поля, так как спиральные ветви, согласно [2], у планетарных туманностей должны иметь электромагнитное происхождение.

Таким образом, в настоящее время нам известны по крайней мере три планетарные туманности, непрерывные спектры которых вероятно поляризованы. Мало вероятно, чтобы процессы рассеяния непрерывного излучения центральной звезды играли заметную роль в процессе образования непрерывного спектра планетарной туманности. Поэтому приходится сделать вывод о синхротронном происхождении поляризованной компоненты непрерывного излучения, а следовательно, о существовании магнитных полей и релятивистских электронов в указанных туманностях. Этот вывод, разумеется, справедлив при допущении, что наблюдаемая у этих туманностей поляризация непрерывного излучения не имеет межзвездного происхождения.

Полученные нами результаты поляриметрических измерений в отношении NGC 7026 мы не считаем окончательными и тем более точными. Эти результаты нуждаются в проверке и уточнении последующими, более безупречными наблюдениями. Вместе с тем следует считать желательным проведение аналогичных исследований и в отношении других планетарных туманностей, прежде всего тех, которые дают сильные непрерывные спектры или же являются биполярными. Это относится в первую очередь к планетарным туманностям NGC 7027 и NGC 7662.

Бюраканская астрофизическая обсерватория

АН Армянской ССР

Абастуманская астрофизическая обсерватория

АН Грузинской ССР

Գ. Ա. ԳՈՒՐՁԱԿՅԱՆ ԵՎ Ն. Ա. ՌԱԶՄԱՉՅ

NGC 7026 ՄՈՒՐԱԿԱԶՆԵՎ, ՄԻԿԱՄԱՆՈՒԹՅԱՆ ԲԵՎԵՆԻԱԶԱՓԱԿԱՆ ՌԻՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

## Ա մ փ ո փ ու մ

Կան տվյալներ կարծելու, որ մոլորակածև միգամածություններում պետք է գոյություն ունենան դիպոլային տիպի մագնիսական դաշտեր: Հետևաբար, միգամածության սահմաններում սկզբնական փուլերի էլեկտրոնների հայանվելու դեպքում, որոնք կարող են առաջվել կենտրոնական աստղի կողմից, կարող է առաջանալ անընդհատ սպեկտր ունեցող ոչ շերմային բնույթի (սինխրոտրոն) ճառագայթում: Մինխրոտրոն ճառագայթման ինտենսիվությունը մեծ լինել չի կարող: Մինչև ժամանակ նա պետք է լինի բեկուացած: Ուստի հնարավորություն է ընձեռնվում՝ մոլորակածև միգամածությունների անընդհատ սպեկտրների բեկուացումից հետո գոյություն ունեցող ստույգ չհարմարվող ստույգ ուղղակի ապացույց՝ միգամածություններում մագնիսական դաշտերի և սկզբնական փուլերի էլեկտրոնների գոյության մասին:

Ներկա աշխատանքում բերվում են NGC 7026 կրկնակ միգամածության նկատմամբ տարված նման հետազոտության արդյունքները: Բեկուացման աստիճանը անընդհատ սպեկտրի  $3740 < \lambda < 4800$  հատվածում ստացվել է  $p = 5.3 \pm 1.7^\circ$ , որը փոքր լինելով հանդերձ, հիմք է տալիս ենթադրելու, որ հիշյալ միգամածությունում առկա են մագնիսական դաշտեր և սկզբնական փուլերի էլեկտրոններ: Այս կարծիքները ամրապնդվում է հատկապես այն փաստով, որ բեկուացման հարթությունը դրեթե անցնում է տեսականորեն նախատեսվող ուղղությամբ, այն է՝ միգամածության «գլխիկները» միացնող գծով:

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Г. А. Гурзadian, ДАН СССР, 113, 1013, 1957; 120, 734, 1958.
2. Г. А. Гурзadian, Вопросы космогонии, VI, 1958: Сообщ. Бюраканской обсерв., 25, 1958.
3. Г. А. Гурзadian, Сообщ. Бюраканской обсерв., 24, 1958.

4. Г. М. *Гарибян* и Н. Н. *Гольдман*, Изв. АН АрмССР, серия ФМЕТ наук, VII, 31, 1954.
5. L. *Aller*, Gaseous Nebulae, London (1956).
6. Г. А. *Гурзаян*, Сообщ. Бюраканской обсерв., 26, 1959.
7. T. *Page*, PASP, 63, 142, 1951.
8. I. *Duncan*, Ap. J., 86, 496, 1937.