

Всероссийский форум научной молодежи «Шаг в будущее»

КЛАССИФИКАЦИЯ КОЛЬЦЕВЫХ ИНФРАКРАСНЫХ ТУМАННОСТЕЙ ПО ФОРМЕ

Захаров Даниил Максимович

Московская область, г.о. Звенигород, Муниципальное автономное учреждение дополнительного образования Дом детского творчества городского округа Звенигород, 8 класс

Введение

Пространство между звёздами заполнено газом с примесью пыли, причём очень неоднородно, собираясь в облака, сгустки и волокна — так называемые туманности [1]. Туманности возникают в результате хаотического движения межзвёздного вещества и потому имеют довольно разнообразные очертания, большей частью бесформенные. Попадают среди них и объекты с упорядоченной структурой, например, инфракрасные кольцевые туманности (ИКТ), имеющие кольцевую форму разной степени вытянутости.

Они наблюдаются преимущественно в инфракрасном диапазоне спектра с помощью космических ИК-телескопов «Spitzer» и WISE [2] и имеют форму замкнутых или незамкнутых колец. Являются ли эти кольца настоящими двухмерными (плоскими) структурами или представляют собой проекции трёхмерных «пузырей»? Ответить на этот вопрос поможет детальный анализ их формы [3]. Оценить форму объектов — округлая, сплюснутая, вытянутая — можно с помощью разработанного в данном исследовании критерия, а дальнейшая классификация реальных туманностей в нашей Галактике поможет выяснить, какие формы преобладают — округлые или вытянутые.

Цель исследования — с помощью выработанных критериев оценки формы ИКТ выяснить их преобладающую форму и попытаться объяснить причины различий и предпочтений. **Задачи** исследования — разработать критерии оценки формы кольцевых инфракрасных туманностей в Галактике, оценить вытянутость каждого найденного объекта, выяснить предпочтительную форму туманностей и объяснить причины такого предпочтения.

Ход работы

1. Изучение ИКТ на инфракрасном изображении Галактики с помощью программы «World-Wide-Telescope» (сайт www.worldwidetelescope.org). 2. Разработка критериев оценки формы ИКТ. 3. Поиск ИКТ, имеющих кольцеобразную форму. 4. Измерение размеров каждого объекта (эллипса). 5. Вычисление эксцентриситета каждого эллипса по формуле (1):

$$e = (1 - b^2/a^2)^{1/2} \quad (1)$$

где a — большая полуось, b — малая полуось эллипса. 6. Составление таблицы с параметрами ИКТ (таблица 1). 7. Сортировка ИКТ по форме. 8. Построение гистограммы «Количество туманностей в зависимости от эксцентриситета».

Таблица 1. Параметры инфракрасных кольцевых туманностей (выдержка)

| № | Название объекта | Галактические координаты | Большая полуось a (см) | Малая полуось b (см) | Эксцентриситет e |
|---|------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------|
| 1 | Mi12 | L=45,82 B=-0,29 | 3 | 1,75 | 0,81 |
| 2 | Mi90 | L=54,08 B=-0,07 | 4,5 | 3 | 0,75 |
| 3 | Ma86 | L=354 B=0,61 | 4,5 | 2 | 0,9 |
| 4 | N18 | L=305,5 B=-0,02 | 2,75 | 1,75 | 0,77 |
| 5 | Gli | L=330,36 L=0,15 | 1,5 | 0,5 | 0,94 |
| 6 | 759 | L=297,53 B=-0,82 | 0,95 | 0,55 | 0,81 |

Всего было исследовано 68 ИКТ.

Критерии оценки формы туманностей

Оценить форму ИКТ оптимальнее всего путём сравнения с геометрической фигурой, лучше всего с эллипсом. Изменяя вытянутость эллипсов, можно выделить три группы в зависимости от эксцентриситета: округлые, сплюснутые, вытянутые. Выбранное сначала очевидное разделение диапазона эксцентриситетов на три группы от 0 до 0,33, от 0,34 до 0,66 и от 0,67 до 0,99 показало свою несостоятельность: первые две группы эллипсов совсем немного отличаются друг от друга. Поэтому было выбрано разделение диапазона на следующие три группы: округлые — $0 < e_1 < 0,5$, сплюснутые — $0,51 < e_2 < 0,75$, вытянутые — $0,76 < e_3 < 0,99$ (рис. 1).

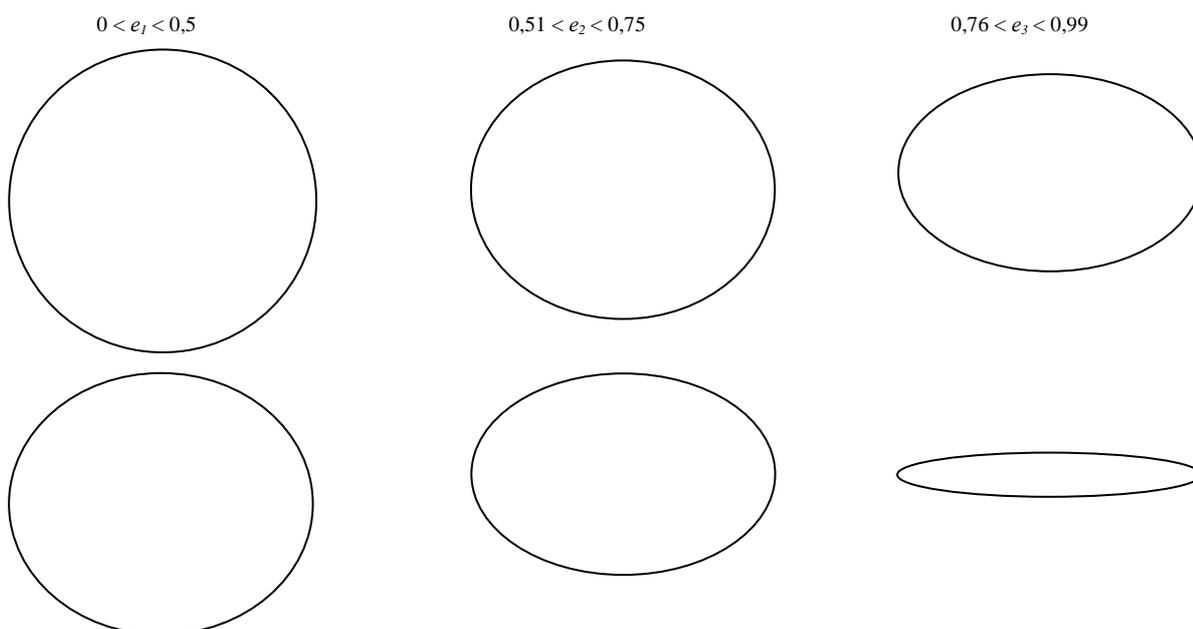


Рис. 1 Форма эллипсов в трёх группах по эксцентриситетам

Классификация туманностей по форме

С помощью данного критерия исследованы 68 кольцевые инфракрасные ИКТ в нашей галактике Млечный Путь. Классификация их по форме в зависимости от эксцентриситета представлена в Таблице 2.

Таблица 2. Количество туманностей в зависимости от эксцентриситета

| Эксцентриситет | e_1 | e_2 | e_3 |
|---------------------|--|---|--|
| Название туманности | Y5, G5, W200, R6, H1, C200, J5, AL2, C4, Th, Ir, Ga, Pse, Z6, Rg, 007, Ene | L2, L8, M9, V8, I10, A8, Mi90, Mi13, Ra, Mip, Ih, Tes, Zina, Oor, P804, Rac, Toom, Hs, 089, Ar, Mi800 | N18, F800, U0, B6, Mi56, Mi200, Mi12, Ma86, H5, Ac, Eh, S20, I28, Rg, Ali, Gli, Ute, Ari, Mps, Mys, Z51, Zi, Ps, Len, Space, 057, Li, Om, Om2, 759 |
| ИТОГО | 17 | 21 | 30 |

Всего из 68 исследованных ИКТ первую группу с эксцентриситетами от 0 до 0,5 попало 17 объектов, во вторую с эксцентриситетами от 0,51 до 0,75 — 21 объект, в третью с эксцентриситетами от 0,76 до 0,99 — 30 объектов.

Результаты и обсуждение

ИКТ с эксцентриситетом e_3 больше, чем с эксцентриситетами e_1 и e_2 (рис. 2).

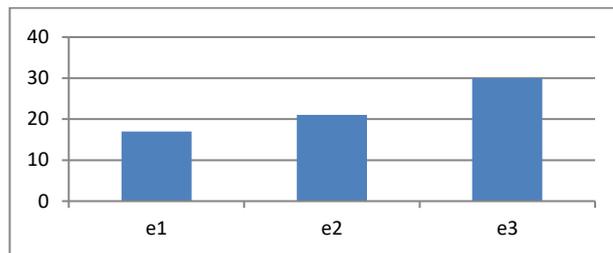


Рис. 2. Количество туманностей в зависимости от эксцентриситета

Теоретические средние значения эксцентриситетов в каждой группе составили: для $0 < e_1 < 0,5$ $e_{1\text{ ср теор}} = 0,25$; для $0,51 < e_2 < 0,75$ $e_{2\text{ ср теор}} = 0,63$; для $0,76 < e_3 < 0,99$ $e_{3\text{ ср теор}} = 0,87$. Средние значения эксцентриситетов в каждой группе *реальных* ИКТ составили: для $0 < e_1 < 0,5$ $e_{1\text{ ср ИКТ}} = 0,13$; для $0,51 < e_2 < 0,75$ $e_{2\text{ ср ИКТ}} = 0,63$; для $0,76 < e_3 < 0,99$ $e_{3\text{ ср ИКТ}} = 0,87$. Усреднённые формы реальных ИКТ по каждой группе практически не отличаются от расчётных теоретических усреднённых форм, что говорит о состоятельности выбранного критерия.

ИКТ наблюдаются вблизи плоскости нашей Галактики, где концентрируется основная масса газа и пыли в виде многочисленных атомарных и молекулярных облаков [4]. Молекулярные облака могут разрушаться, например, при взрывах сверхновых или в результате нагрева коротковолновым излучением образующиеся здесь молодых горячих звёзд (звёздным ветром массивных звёзд) [5]. Такие звёзды своим мощным

ультрафиолетовым излучением ионизуют газ вокруг себя и нагревают его до температуры во многие тысячи градусов. Поскольку межзвёздный газ состоит, главным образом, из водорода, такие горячие области называются зонами ионизованного водорода [6].

Эта горячая область выглядит как гигантский «пузырь» (размерами до сотен световых лет) в более холодной межзвёздной среде. Плотная оболочка «пузыря» содержит большое количество тёплой пыли, которая является источником инфракрасного излучения. По идее, наблюдая сферическую полость, мы должны видеть не только её «боковые» стенки, образующие кольцо, но и излучение «передней» и «задней» стенок. Но это излучение видно далеко не всегда. Кроме того, ионизованный водород во внутренней части полости светит красноватым светом в видимой области спектра [7]. Именно по такому красновато-розовому свечению мы выделяем зоны ионизованного водорода.

Так как мы наблюдаем трёхмерные «пузыри» в проекции на небесную сферу, то видим их в форме кольца. Такие кольца могут иметь разную форму, например, эллиптическую, если среда не однородна, либо на распространение вещества влияет мощное магнитное поле звезды, или звезда сама заметно движется в пространстве (обладает большим собственным движением). «Пузыри» могут иметь сферическую форму, если: образовались в спокойной межзвёздной среде, или у звезды слабое магнитное поле, или они находятся на луче зрения к наблюдателю (к Земле), а на самом деле вытянуты [8]. Все эти моменты могут быть причиной того, что вытянутые кольцевые ИКТ встречаются в Галактике чаще, чем округлые. Составлен каталог из 68 исследованных ИКТ (рис. 3).



Рис. 3. Каталог исследованных инфракрасных кольцевых туманностей (выдержка)

Вывод

Результаты исследования оказывают, что сплюснутых ИКТ больше, чем округлых. Скорее всего, предпочтительная форма реальных ИКТ в виде эллипса со средним эксцентриситетом $e_{з\text{ ср}} = 0,87$ может быть вызвана тремя причинами. Во-первых, неоднородностью среды (более плотные места около звезды не дают возможность «пузырю» раздуться сферически), во-вторых, внешнее воздействие на «пузырь» (взрывы близких сверхновых), в-третьих, большое собственное движение звезды может вытягивать пузырь в пространстве, также сферическую форму может изменить мощное магнитное поле звезды.

Заключение

В работе исследованы кольцевые инфракрасные туманности в нашей Галактике, разработаны критерии оценки их формы, оценена вытянутость каждого найденного объекта, выявлена предпочтительная форма ИКТ и предложены объяснения причин такого предпочтения, составлен каталог из 68 исследованных туманностей.

Список источников и литературы

1. Астрономия: век XXI / Ред.-сост. В.Г. Сурдин. — Фрязино: «Век 2», 2008. — 2-е изд., испр. и доп. — 608 с.: ил.
2. Маров, М.Я. Космос: От Солнечной системы вглубь Вселенной / М.Я. Маров. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2016. — 536 с.
3. Вибе, Д. Звёздная и планетная колыбель. 6.03.2014. «Трибуна учёного» в Московском Планетарии. Altair-TV Company. [Электронный ресурс]. — Режим доступа : https://www.youtube.com/watch?v=QA_YXCQ3dJU
4. Бочкарёв, Н.Г. Основы физики межзвёздной среды / Н.Г. Бочкарёв. — М.: URSS, 2010. — 2-е изд. — 352 с.
5. Спитцер мл., Л. Физические процессы в межзвёздной среде / Л. Спитцер мл. — М.: Мир, 1981. — 352 с.
6. Сурдин, В.Г. Вселенная от А до Я / В.Г. Сурдин. — М.: Эксмо, 2012. — 480 с.: ил.
7. Засов А.В., Общая астрофизика / А.В. Засов, К.А. Постнов.— Фрязино: Век 2, 2006.
8. Бочкарёв, Н.Г. Зоны ионизованного водорода. Большая российская энциклопедия. [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <https://bigenc.ru/physics/text/1995818>
9. Зоны НII (области ионизованного водорода, области НII). [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.astronet.ru/db/msg/1188772>