

Г. А. ГУРЗАДЯН

К ДИНАМИКЕ ЗВЕЗДНЫХ АССОЦИАЦИЙ

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 12 IX 1949)

В настоящее время уже не вызывает сомнений, что образование звезд в галактиках, в частности в нашей Галактике, происходит целыми группами, в звездных ассоциациях. В некоторых случаях подобными группами совместно сформировавшихся звезд являются Т-ассоциации, состоящие из переменных звезд типа Т Тельца (например, ассоциации в Змееносце, Орле, Единороге и т. д.), в других случаях — О-ассоциации, состоящие из горячих звезд типа О — В (например, ассоциации в Лебеде, Персее, Орионе, Стрельце и т. д.). Согласно предварительному исследованию сотрудников Бюраканской астрономической обсерватории, в окрестностях Солнца, в зоне радиусом 3000 парсек, насчитывается не менее 20 звездных ассоциаций типа О. Т-ассоциации же, находящиеся дальше 150—200 парсек от нас, обнаруживаются с трудом вследствие крайне низкой абсолютной величины звезд типа Т Тельца.

Подробные исследования, произведенные относительно некоторых звездных ассоциаций типа О, открыли весьма характерные особенности их структуры (¹⁻³). Звездные ассоциации указанного типа в большинстве случаев включают в себя несколько звезд Вольф — Райе, в некоторых случаях звезды типа Р Лебеда (ассоциации в Лебеде, Персее, Стрельце), в других случаях они связаны с диффузными туманностями (ассоциация Ориона). Но все они, без исключения, включают в себя одно или несколько открытых звездных скоплений, а также системы кратных звезд, состоящих из трех, четырех и даже до десяти компонент. Другими словами, ассоциация, будучи нестационарной системой, включает в себя стационарные системы вроде открытых звездных скоплений и кратных систем, т. е. системы, обладающие отрицательной полной энергией. В некоторых случаях такие системы являются ядрами ассоциаций.

Кратные системы, входящие в состав ассоциаций, являются, однако, в большинстве случаев неустойчивыми системами, поскольку в них, как показывают наблюдательные данные, расстояния между отдельными компонентами — величины одинакового порядка. Это, между прочим, дополнительный признак того, что эти системы и, следовательно, звездные ассоциации представляют объекты недавнего образования.

Теоретические исследования и наблюдательные данные показывают (^{4, 5}), что ассоциации испытывают непрерывное расширение со скоростью порядка 10 км/сек. Благодаря этому звезды, образовавшиеся из какого-то первоначального объекта, через некоторое время (порядка несколько миллионов лет) постепенно сливаются с галакти-

ческим полем. Тем самым ассоциация разрушается. Остатком же ассоциации являются открытые звездные скопления и кратные системы, а вероятно, в отдельных случаях, диффузные туманности. Кратные системы успевают, однако, в течение этого периода перейти из неустойчивого состояния к устойчивому путем удаления некоторых своих членов или раздроблением на более малочисленные системы.

Все эти факты указывают весьма убедительным образом, что все звезды и отдельные стационарные системы, входящие в состав ассоциаций, имеют общее происхождение; они являются продуктом деления какого-то первичного объекта (^{4,6}). Из этого объекта — назовем его Д-телом — образуются все звезды и стационарные системы, которые под влиянием какой-то силы, действовавшей в эпоху самого возникновения звезд, удаляются друг от друга, теряясь в галактическом поле.

Нам пока неизвестна физическая природа этого тела. Несомненно, что, как указал впервые Амбарцумян, Д-тело своими физическими характеристиками должно совершенно отличаться от известных нам небесных объектов, оно не может быть ни газовой или пылевой туманностью, ни твердым телом. Тем не менее, мы можем поставить вопрос о том, чтобы, используя имеющиеся данные, составить некоторое представление о его первоначальных размерах, а также о средней плотности материи в нем.

Эту задачу можно попытаться решить следующим образом. Допустим, что Д-тело первоначально, до расщепления на части и формирования звезд, имеет сферическую симметричную форму. Предположим также, что его внутренняя энергия в этот период состоит только из потенциальной энергии собственного притяжения самой материи Д-тела. Если обозначить через M_0 полную массу и R — радиус Д-тела, то при предположении о равномерном распределении плотности ρ_0 можем написать для абсолютного значения его потенциальной энергии

$$U = G \int_0^R M(r) 4\pi r \rho_0 dr = \frac{3}{5} \frac{GM_0^2}{R}, \quad (1)$$

где G — гравитационная постоянная.

Нам неизвестна природа внутренней силы, которая приводит к разрушению и расширению звезд и звездных систем малых размеров, образовавшихся из Д-тела. Однако величина этой силы была такая, что сообщенная ею энергия превышала потенциальную энергию притяжения и заставила отдельные члены ассоциации удалиться с некоторой скоростью v_0 , т. е. звезды получили некоторую кинетическую энергию. При этом, однако, некоторая потенциальная энергия в скрытом виде все-таки остается в звездных скоплениях и в кратных системах. Кроме того, некоторой потенциальной энергией обладает сама ассоциация. Но пользуясь данными, касающимися наблюдаемых ассоциаций, нетрудно убедиться, что эта последняя по сравнению с кинетической энергией расширения является очень малой величиной. Поэтому ею можно пренебречь.

Таким образом, внутренняя сила, преодолевшая гравитационное притяжение и тем самым разрушающая ассоциацию, производит работу W , которая должна удовлетворить условию:

$$W > U - \sum U_{ck}, \quad (2)$$

где $\sum U_{ck}$ есть сумма абсолютных значений потенциальных энергий стационарных систем, входящих в состав ассоциации — открытых звездных скоплений и кратных систем. Учет последних тем более важен, что их потенциальная энергия является величиной такого же

порядка, что и потенциальная энергия открытых звездных скоплений.

Поскольку энергия W целиком израсходована на преодоление взаимного притяжения и для сообщения отдельным членам ассоциации определенной кинетической энергии, разность

$$W - [U - \sum U_{ck}] \quad (3)$$

представляет суммарную кинетическую энергию звезд системы. С другой стороны, нет оснований полагать, что эта разность будет по порядку много меньше потенциальной энергии системы, т. е. энергия, разрушающая Д-тело, по величине относительно отличается от потенциальной энергии взаимного притяжения его частей до его разрушения. Поэтому мы можем принять, что кинетическая энергия системы по порядку величины равна или больше первоначальной потенциальной энергии, т. е.

$$U - \sum U_{ck} \leq (M_0 - M) \frac{v_0^2}{2} + \sum T_{ck}, \quad (4)$$

где M — полная масса стационарных систем, v_0 — средняя относительная скорость движения (расширения), $\sum T_{ck}$ — сумма кинетических энергий стационарных систем. При этом, однако, под T_{ck} надо понимать не внутреннюю кинетическую энергию скопления или стационарной системы, а кинетическую энергию движения всей системы по отношению к центру инерции ассоциации.

Подставляя значение U из (1) в (4), получим для радиуса Д-тела следующее приближенное выражение:

$$R \gtrsim \frac{GM_0^2}{2[\sum U_{ck} + \sum T_{ck}] + (M_0 - M)v_0^2}. \quad (5)$$

Для типичной О-ассоциации M_0 можно принять равным 500 солнечных масс; v_0 — порядка 10 км/сек.; U_{ck} для типичного звездного скопления порядка 10^{44} — 10^{45} эрг. Кратные системы обладают потенциальной энергией такого же порядка. С другой стороны, в ассоциациях встречаются не менее чем один — два открытых звездных скопления и около десяти кратных систем. Поэтому $\sum U_{ck}$ можно принять порядка 10^{46} эрг. Что же касается $\sum T_{ck}$, то поскольку пока нас интересует только порядок величины полученных результатов, мы можем принять, что стационарные системы являются ядрами ассоциации и их относительные движения равны нулю. Поэтому в (5) примем $\sum T_{ck} = 0$.

При таких предположениях, приняв также $M_0/M = 5$, второй член в знаменателе в (2) становится преобладающим по сравнению с первым, и мы получаем

$$R \gtrsim 0,03 \text{ парсек,}$$

т. е. первоначальный радиус Д-тела порядка 6000 астрономических единиц или больше. Это порядка радиуса планетарных туманностей. При таком радиусе средняя плотность Д-тел получается порядка

$$\rho_0 \sim 10^{-16} \text{ г/см}^3$$

или меньше.

Это порядка средней плотности оболочек Новых. Она примерно в 100 миллионов раз больше, чем средняя плотность межзвездной материи.

Таким образом, несмотря на некоторую неопределенность в постановке задачи, можно думать, что Д-тела, как небесные тела до сих пор неизвестные и не наблюдавшиеся, имеют внушительные размеры. И если при таких размерах они не поддаются наблюдению, то приходится допустить, что эти тела до превращения в известные нам тела, имеют весьма низкую светимость. Так например, если допустить, что на расстоянии 100 парсек (расстояние самых близких ассоциаций) существует такое тело, то, приняв для нее предельную величину 14^m , получим, что верхний предел светимости этого тела будет составлять $0,2 \cdot 10^{-2}$ части от светимости Солнца, что примерно порядка светимости белых карликов.

Бюраканская астрофизическая обсерватория
Академии наук Арм.ССР

Поступило
6 VIII 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Г. Гурзадян, ДАН Арм.ССР, 10, № 1, 9 (1949). ² Г. Гурзадян, ДАН, 64, № 6 (1949). ³ В. Амбарцумян и Б. Маркарян, Бюлл. Бюраканской астр. обсерв., 2 (1949). ⁴ В. Амбарцумян, Астр. журн., № 1, 1 (1949). ⁵ Г. Гурзадян, Бюлл. Бюраканской астр. обсерв., 4 (1949). ⁶ В. Амбарцумян, Астрофизика и эволюция звезд, Ереван, 1947.