

$$v_{nf} = \frac{2}{\pi} \frac{c}{10} \frac{P}{20c} x \left[0,5 + \ln \left(\frac{20c}{P} \frac{1}{x} \right) \right] \approx \\ \approx x \left(0,5 + \ln \frac{2 \times 10^4}{x} \right) \times 1 \text{ км с}^{-1}. \quad (6)$$

Здесь период вращения родившейся нейтронной звезды $P = 10^{-3}$ с, длительность нейтринного импульса составляет 20 с при светимости $L_v = 0,1 M_n c^2 / 20 \text{ с}$, c — скорость света, x — отношение исходного тороидального к исходному полоидальному полю. Для $x = B_{\phi 0} / |B_p|$, $20 < x < 10^3$, получаем $140 < v_{nf} < 3000 \text{ км с}^{-1}$. Как следует из (6), скорость нейтронной звезды, приобретаемая за счет этого механизма, имеет максимум как функция x , что при том же полоидальном поле дает характерную зависимость с максимумом и спаданием в область больших и малых полей для зависимости скорости радиопульсаром от дипольного магнитного поля. К сожалению, наблюдения не дают пока возможности подтвердить или опровергнуть эту зависимость ввиду существенного влияния эффектов селекции.

Данная работа была выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 96-02-16553 и 96-01-00838), INTAS (грант 93-93), NSF (грант AST-932-0068), CRDF (грант Rpl-173).

Список литературы

1. Арделян Н В, Бисноватый-Коган Г С, Попов Ю П *Астрон. ж.* **56** 1244 (1979)
2. Арделян Н В и др. *Астрон. ж.* **64** 495 (1987)
3. Арделян Н В и др. *Астрон. ж.* **64** 761 (1987)
4. Ardeljan N V et al. *Astron. Ap. Suppl.* **115** 573 (1996)
5. Ardeljan N V, Bisnovaty-Kogan G S, Moiseenko S G *Ap. Spase Sci.* **239** 1 (1966)
6. Ardeljan N V, Bisnovaty-Kogan G S, Moiseenko S G, in *Proc. Int. Work-shop "SN1987A: Ten Years After"*. La Serena, Chile, Feb. 22–28, 1997
7. Бисноватый-Коган Г С *Астрон. ж.* **47** 813 (1970)
8. Бисноватый-Коган Г С *Физические вопросы теории звездной эволюции* (М.: Наука, 1989)
9. Бисноватый-Коган Г С, Моисеенко С Г *Астрон. ж.* **69** 563 (1992)
10. Bisnovaty-Kogan G S *Astron. Ap. Transact.* **3** 287 (1993)
11. Bisnovaty-Kogan G S, Popov Yu P, Samochin A A *Ap. Space. Sci.* **41** 321 (1976)
12. Burrows A, Hayes J, Fryxell B A *Ap. J.* **450** 830 (1995)
13. Herant M et al. *Ap. J.* **435** 339 (1994)
14. Имшенник В С, Надежин Д К *ЖЭТФ* **63** 1548 (1972)
15. Janka H-T, Muller E *Astrophys. J. Lett.* **448** L109 (1995)
16. Кардашев Н С *Астрон. ж.* **41** 807 (1964)
17. Le Blank L M, Wilson J R *Ap. J.* **161** 541 (1970)
18. Lyne A G, Lorimer D R *Nature (London)* **369** 127 (1994)
19. Muller E, Hillebrandt W *Astron. Ap.* **80** 147 (1979)
20. Miller D S, Wilson J R, Mayle R W *Ap. J.* **415** 278 (1993)
21. Nadyozhin D K *Ap. Spase Sci.* **53** 131 (1978)
22. O'Connell R F, Matese J J *Nature (London)* **222** 649 (1969)
23. Ohnishi T *Tech. Rep. Inst. At. En. Kyoto Univ.* **198** (1983)

PACS numbers: 95.30.-k

Звезды, планеты, космические мазеры

В.И. Слыш

Предположение о связи космических мазеров с процессом звездообразования было высказано И.С. Шкловским

еще в 1966 г. — сразу после открытия мазеров ОН. Образование звезды может сопровождаться и образованием ее планетной системы из околозвездного газопылевого протопланетного диска, возникающего в качестве резервуара углового момента. Протозвезда может сжиматься и аккрецировать новое вещество только при наличии возможности отдачи ею углового момента диску. Таким образом, околозвездные диски являются обязательным атрибутом протозвезд. В свою очередь, диск может разбиваться на кольцевые зоны и фрагменты с последующим образованием планет. Такая картина, предложенная в общих чертах еще Кантом и Лапласом, находит свое подтверждение в последнее время, благодаря появлению новых методов наблюдения с высоким разрешением. У 20 близких звезд главной последовательности обнаружены планеты, причем в 9 случаях масса планеты меньше 13 масс Юпитера, что является условной границей между планетами и звездами малой массы, называемыми коричневыми карликами. Благодаря высокому разрешению космического телескопа Хаббла были найдены многочисленные свидетельства протекания процесса звездообразования и получены изображения плотных сгустков вещества — глобул — и отдельных протозвезд с газопылевыми дисками вокруг них. Они получили название "проплиды" — предшественники планетных систем. Примером такого диска может также служить диск у звезды β Живописца.

Еще более высокое разрешение имеют радиоинтерферометрические системы, с помощью которых получают изображения мазерных источников излучения: 0,1 мс дуги, что соответствует линейному размеру 0,1 а.е. на расстоянии 1 кпк, что значительно меньше размеров планетных систем. Поскольку мазеры оказались тесно связанными с областями звездообразования и являются достаточно интенсивными для радиоинтерферометрии, их можно использовать для поисков и исследования протопланетных систем на разных стадиях эволюции. К давно известным мазерам ОН и H_2O в последнее время прибавились мазеры метанола, являющиеся чувствительным индикатором физических условий. В результате исследования мазеров было установлено, что они связаны с несколькими различными этапами эволюции протозвезд и планетных систем. Мазеры метанола II класса и мазеры ОН возникают в периферийных остатках диска вокруг молодых горячих звезд большой массы ($50 M_\odot$) на расстоянии в несколько тысяч астрономических единиц от звезды. Возможно, эти мазеры излучаются протяженными атмосферами ледяных планет (гигантские кометы). С дисками вокруг протозвезд малой массы ($0,1 M_\odot$), еще пребывающих на стадии аккреции вещества, связаны некоторые мазеры H_2O (IC1396N). Размеры этих дисков невелики — порядка 20 а.е. Еще более ранняя стадия эволюции протозвезд — холодные плотные ядра в молекулярных облаках — связана с метанольными мазерами I класса (OMC-2, NGC2264).

Аналогичное явление — диски с источниками мазерного излучения — обнаружены в более грандиозных масштабах в ядрах некоторых активных галактик, вокруг черных дыр с массой $10^6 - 10^9 M_\odot$.