АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 3 НОЯБРЬ, 1967 ВЫПУСК 4

ОБ УСЛОВИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ СТАЦИОНАРНЫХ СИСТЕМ В РЕЗУЛЬТАТЕ НЕУСТОЙЧИВОСТИ

О. В. ЧУМАК

Поступила 17 апреля 1967
Исправлена 12 июля 1967

Показано, что для того, чтобы в однородной звездной среде в результате неустойчивости образовалась стационарная система, необходимо, чтобы плотность в объеме среды, диаметр которого равен критическому, превышала бы общую среднюю плотность в 2.48 раза.

Целью настоящей работы является выяснение условий, при которых в результате неустойчивости в однородной звездной среде может возникнуть стационарная система.

Рассмотрим для этого следующую простую модель. Пусть в звездной среде имеется сферически симметричный однородный объем, диаметр которого равен критической длине, а плотность несколько превышает общую среднюю плотность среды. Энергию связи ε_i одной звезды в этом объеме можно выразить следующим образом:

$$\varepsilon_i = Gm^2 \sum_{j=1}^{N} \frac{1}{r_{ij}} + Gm^2 \sum_{j=N+1}^{\infty} \frac{1}{r_{ij}}. \tag{1}$$

Здесь первое слагаемое дает энергию связи звезды с выделенным объемом, второе — со всей остальной средой, а N — число звезд в объеме.

Полную энергию связи ε_k одной звезды в области, удаленной от возмущенного объема на расстояние, где его воздействием на рассматриваемую звезду можно пренебречь, формально можно записать в том же виде, что и (1):

$$\varepsilon_k = Gm^2 \sum_{j=1}^{N_0} \frac{1}{r_{kj}} + Gm^2 \sum_{j=N_0+1}^{\infty} \frac{1}{r_{kj}}. \tag{2}$$

Здесь первое слагаемое дает энергию связи звезды с невозмущенным объемом, равным по величине возмущенному, а N_0 — число звезд в этом объеме.

Тогда работа выхода ε звезды из возмущенного объема в среду, в случае отсутствия гравитационного парадокса, равна:

$$\varepsilon = \varepsilon_i - \varepsilon_k = Gm^2 \sum_{j=1}^{N} \frac{1}{r_{ij}} - Gm^2 \sum_{j=1}^{N_0} \frac{1}{r_{kj}}. \tag{3}$$

Помножив и разделив первое слагаемое на N, а второе на N_0, получим:

$$\varepsilon = Gm^2 \left(\frac{N}{r_i} - \frac{N_0}{r_k} \right). \tag{4}$$

Здесь r_i и r_k — среднее гармоническое расстояний между звездами в возмущенном и невозмущенном объемах соответственно.

Согласно [1], в случае однородной сферы среднее гармоническое не зависит от абсолютного значения плотности в системе и равно 5/6 радиуса. Поэтому (4) можно переписать так:

$$\varepsilon = \frac{6Gm^2 (N - N_0)}{5R}, \tag{5}$$

где R — радиус возмущенного объема.

Переходя к плотностям, получаем:

$$\varepsilon = \frac{8\pi}{5} Gm^2 R^2 (n - n_0). \tag{6}$$

Здесь n и n_0 — плотности возмущенного и невозмущенного объемов соответственно.

Потенциальная энергия возмущенного объема относительно среды будет, очевидно, равна:

$$U = \frac{-3\, Gm^2 (N - N_0)^2}{5R} \tag{7}$$

или

$$U = -\frac{16}{15} \pi^2 Gm^2 R^5 (n - n_0)^2. \tag{8}$$

Ясно, что когда n мало отличается от n_0, то

$$\frac{-U}{T} < 1, \tag{9}$$

где T — кинетическая энергия возмущенного объема.

Таким образом, по классификации Т. А. Агекяна [2], рассматриваемая система находится в состоянии 1*. Согласно этой же работе, чтобы система в результате ухода быстрых членов перешла в устойчивое состояние, необходимо, чтобы в начальный момент имело место неравенство

$$\frac{-U}{T} > 0.807 \tag{10}$$

(распределение скоростей в возмущенном объеме предполагается максвелловским).

Подставляя (8) в (10) и учитывая известное выражение для кинетической энергии, получаем:

$$\frac{1.6\pi G m R^2 n \left(1 - \frac{n_0}{n}\right)^2}{\bar{v}^2} > 0.807. \tag{11}$$

Диаметр возмущенного объема, как уже отмечалось, равен критической длине волны λ_0, которая, согласно [3], равна:

$$\lambda_0 = \left(\frac{5\pi \bar{v}^2}{9 G m n}\right)^{1/2}, \tag{12}$$

где $\bar{v}^2$ — средняя дисперсия скоростей частиц, m — как обычно, масса одной частицы.

Тогда условие (11) приводится к виду:

$$\frac{2\pi^2}{9}\left(1 - \frac{n_0}{n}\right)^2 > 0.807, \tag{13}$$

или, после элементарных преобразований,

$$n > 2.48\, n_0. \tag{14}$$

Все вышеизложенное относится к среде, состоящей из дискретных тел. Как показано в [2], наличие диффузной материи, даже в количествах, небольших по сравнению со всей массой тел возмущенного объема, будет, по-видимому, способствовать значительно более быстрому переходу его в устойчивое состояние.

В заключение выражаю благодарность И. Л. Генкину и Г. М. Идлису, просмотревшим рукопись и сделавшим полезные замечания.

Астрофизический институт
АН КазССР

ON THE CONDITIONS OF FORMATION OF STEADY STATE SYSTEMS AS CONSEQUENCE OF INSTABILITY

O. V. CHUMAK

It is shown that for the formation of a stable system in a stellar medium, as a result of gravitational instability, it is necessary that the density at the original volume must be higher than the average one by a factor 2.48.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Э. А. Дибай, Ф. А. Цицин, А. С. Шаров*, Астрон. ж., 32, 659, 1960.
2. *Т. А. Агекян*, Астрон. ж., 41, 131, 1964.
3. *J. H. Jeans*, Astronomy and Cosmogony, Cambridge, 1929, p. 348.