

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 8

АВГУСТ, 1972

ВЫПУСК 3

К ВОПРОСУ ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ВРАЩАЮЩИХСЯ БАРИОННЫХ ЗВЕЗД

Г. Г. АРУТЮНЯН, Д. М. СЕДРАКЯН

Поступила 15 ноября 1971

Приводятся результаты расчета (в рамках общей теории относительности) квазирадиальных пульсаций вращающихся барионных звезд. Показано, что в пределах точности расчета критические, в смысле потери устойчивости, значения центральной плотности вращающихся и статических конфигураций совпадают.

В настоящей работе приводятся результаты расчета в ОТО квазирадиальных пульсаций вращающихся барионных звезд. Метод рассмотрения адиабатических квазирадиальных пульсаций малой амплитуды около равновесных состояний вращающихся релятивистских объектов, в которых учет вращения ограничивается приближением Ω^2 и отклонения от сферической симметрии вследствие вращения пренебрегаются, предложен в работе [1]. Отметим, что подобная задача рассмотрена нами в [2], где в качестве уравнения состояния для центральных областей нейтронных звезд использовалось уравнение состояния идеального вырожденного газа нейтронов. Здесь рассматриваются конфигурации, вещество которых описывается уравнением состояния реального барионного газа [3].

Уравнение, определяющее частоту малых колебаний, имеет вид

$$\sigma^2 \int_0^R A e^{-\gamma} \frac{(\rho + p/c^2)}{\left(1 - \frac{2Gm}{c^2 r}\right)} \xi^2 dr = \int_0^R A \left[\frac{4p'}{r} - \frac{p'^2/c^2}{\rho + p/c^2} + \right. \\ \left. + \frac{8\pi G}{c^2} \frac{p(\rho + p/c^2)}{\left(1 - \frac{2Gm}{c^2 r}\right)} \right] \xi^2 dr + \int_0^R A \gamma p \left[\left(\frac{2}{r} + \frac{p'/c^2}{\rho + p/c^2} \right) \xi + \xi' \right]^2 dr + \quad (1)$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{c^2}{2} \int_0^R A (\rho + p/c^2) \frac{\xi}{r^2} \left[\xi' \frac{d}{dr} (r^2 L_0) - 2L_0 \xi \right] dr + \\
& + \frac{2}{3} \frac{\Omega^2}{c^2} \int_0^R A \left[\gamma p \xi'^2 + \left(p' + \frac{2\gamma p}{r} \right) \xi \xi' + \frac{4p'}{r} \xi^2 \right] r dr, \quad (1)
\end{aligned}$$

где

$$A = \frac{e^{\gamma/2} r^2}{\left(1 - \frac{2Gm}{c^2 r}\right)^{1/2}}, \quad L_0 = \frac{2}{3} \frac{\Omega^2}{c^2} r^2 (1 + 2q) e^{-\gamma}, \quad \gamma = \frac{(\rho + P/c^2)}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial r},$$

ρ — плотность, p — давление, $m(r)$ — накопленная масса, r — расстояние от центра конфигурации, ξ — амплитуда пульсаций, Ω — угловая скорость вращения, R — радиус, γ и q — компоненты метрического тензора рассматриваемой вращающейся модели (штрих означает дифференцирование по r).

В качестве пробной функции выбирается $\xi = r + \lambda r^2$. Согласно вариационному принципу [4] значения пробной функции ξ и собственной частоты пульсаций ω^2 , удовлетворяющие уравнению (1), соответствуют тем значениям параметра λ , которые минимизируют выражение для ω^2 .

Численные расчеты проведены на ЭВМ „Раздан-3“ для ряда центральных плотностей ρ_c в интервале от $\rho_c = 2.059 \cdot 10^{12}$ г/см³ до $\rho_c = 2.86 \cdot 10^{17}$ г/см³, охватывающего область барионных конфигураций. Полученные результаты представлены рис. 1, 2.

На рис. 1 показана зависимость квадрата частоты пульсаций от логарифма центральной плотности. Сплошная кривая относится к случаю $\Omega = 0$, а пунктирная — к случаю вращения. Точки пересечения кривых с осью абсцисс дают критические значения центральных плотностей, при которых нарушается стабильность. Область центральных плотностей, соответствующая положительным ω^2 — область конфигураций, устойчивых относительно квазирадиальных пульсаций. Как видно из рис. 1, критические в смысле потери устойчивости значения центральной плотности вращающихся и статических конфигураций в пределах точности расчета совпадают, в отличие от результатов, полученных в ньютоновской теории, где $\rho_{c \text{ крит.}}$, соответствующее вращающимся конфигурациям, больше статического значения критической центральной плотности [5]. Таким образом, совпадение указанных критических точек является результатом учета релятивистских эффектов. Сравнение с работой [2] показывает, что независимо от уравнения состояния при увеличении центральной плотности наступает

такой момент, когда величины τ^2 , соответствующие вращающимся конфигурациям, становятся меньше статических τ^2 , причем для реальных моделей это имеет место при больших центральных плотностях, чем в случае идеального нейтронного газа.

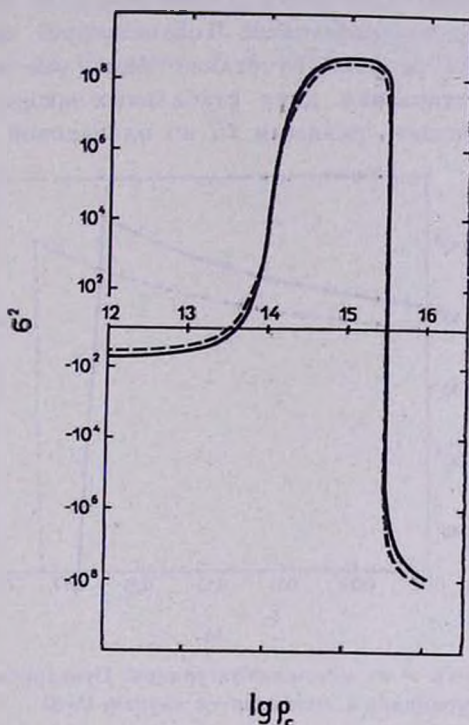


Рис. 1. Зависимость τ^2 от логарифма центральной плотности. Пунктирная кривая относится к случаю $\Omega = \Omega_{\text{max}}$, а сплошная — $\Omega = 0$.

В работе [6] показано, что максимум последовательности вращающихся моделей смещен в сторону малых плотностей по сравнению со случаем $\Omega = 0$. Это говорит о том, что точка потери устойчивости вращающихся конфигураций находится за максимумом кривой $M_{\text{вр.}} - \rho_c$, тогда как статические модели теряют устойчивость точно в точке максимума (отметим, что существование двух стабильных вращающихся конфигураций с одинаковой массой вблизи максимума $M_{\text{вр.}} - \rho_c$ связано с тем, что указанные модели имеют различные моменты импульса).

На рис. 2 представлена зависимость τ^2 от массы (в единицах Оппенгеймера — Волкова). Как видно из рисунка, почти во всей области существования стабильных статических конфигураций послед-

ние имеют большее σ^2 , чем аксиально-симметрические модели с той же массой, и лишь вблизи точки пересечения двух кривых и в небольшом интервале центральных плотностей, справа от нее, имеет место обратное. Из рис. 2 следует, что максимально устойчивая точка на кривой $M - \rho_c$ находится слева от максимума, в то время, как в случае вращения максимальной массе соответствует максимальное σ^2 . Кроме того, на этом рисунке отчетливо видна уже отмеченная выше возможность существования двух стабильных вращающихся моделей с различными моментами, разными σ^2 , но одинаковой массой.

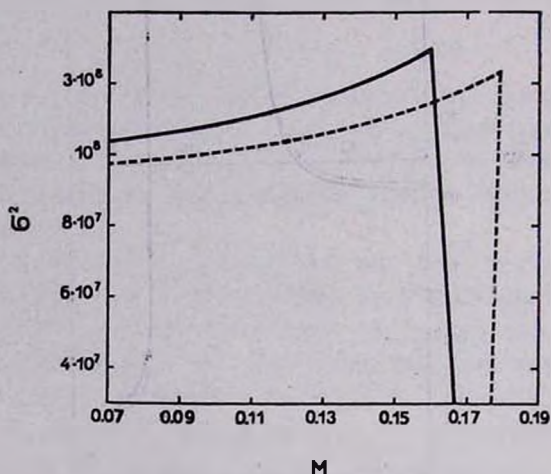


Рис. 2. Зависимость σ^2 от массы конфигурации. Пунктирная кривая относится к вращающимся конфигурациям, а сплошная — к случаю $\Omega=0$.

В заключение отметим, что в случае использования уравнения состояния реального барионного газа σ^2 получаются на порядок больше по сравнению с конфигурациями, вещество которых описывается уравнением состояния идеального нейтронного газа.

Авторы выражают благодарность профессору Г. С. Саакяну за обсуждения и ценные замечания.

Ереванский государственный
университет

THE STABILITY OF BARION STARS

G. G. HARUTYUNIAN, D. M. SEDRAKIAN

Quasiradial pulsations of rotating barion stars are considered. It is shown that the central density for rotating and static stars coincide where stellar configurations lose stability.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В. В. Папоян, Д. М. Седракян, Э. В. Чубарян, Астрон. ж., (в печати), 1971.
2. Г. Г. Арутюнян, Д. М. Седракян, Э. В. Чубарян, Астрон. ж., (в печати), 1972.
3. Г. С. Саакян, Ю. А. Вартамян, Сообщ. бюр. обс., 33, 55, 1963.
4. V. R. Durrdy, Y. W. Roxburgh, Proc. Roy. Soc., 296A, 1892, 1967.
5. В. В. Папоян, Д. М. Седракян, Э. В. Чубарян, Астрофизика, 7, 549, 1971.
6. Г. Г. Арутюнян, Д. М. Седракян, Э. В. Чубарян, Астрофизика, 48, 596, 1971.

