

ЕРЕВАНСКИЙ  
ФИЗИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ

Г. М. АЙВАЗЯН

МЕХАНИЗМ ИЗЛУЧЕНИЯ ПУЛЬСАРОВ

ЕРЕВАН  
1969

Весь комплекс разнообразных наблюдательных данных, полученных в настоящее время по пульсарам [1], можно объяснить излучением, эллиптически деформированных малых сферических жидких капель ( $10^{-1} - 10^{-4}$  см), из внутризвездного вещества, ориентированных определенным образом в пространстве под действием магнитных или электрических и гравитационных полей.

Частота гравитационных колебаний массы несжимаемой жидкости, относительно ее сферической формы, определяется из соотношения [2]:

$$\nu^2 = \ell(\ell-1)(\ell+2) \frac{\alpha}{4\pi^2 \rho a^3}, \quad (1)$$

где  $\alpha$  — коэффициент поверхностного натяжения в эрг/см<sup>2</sup>,  $\rho$  — плотность в гр/см<sup>3</sup>,  $a$  — радиус капли в см. Для наиболее важного типа колебания  $\ell = 2$  (эллиптическая деформация) частота квадрупольных колебаний сферической капли определяется по формуле:

$$\nu^2 = \frac{2\alpha}{\pi^2 \rho a^3} \quad (2)$$

и для водяной капли ( $\alpha = 74$ ,  $\rho = 1$ ) с радиусом  $a = 2,47$  см, период колебаний  $T = \frac{1}{\nu}$  равен одной секунде.

Согласно [3] сердцевина звезд белых карликов ( $\rho = 10^6$  гр/см<sup>3</sup>,  $T_0 = 10^7$  град) находится не в газообразном, а в конденсированном

состоянии (твердое или аморфное состояние) из-за высоких плотностей вещества ( $10^6 - 10^8$  гр/см<sup>3</sup>) в недрах этих звезд. При определенных высоких плотностях и высоких температурах внутризвездное вещество может находиться и в жидком состоянии [3]. Если теперь предположить, что в атмосферах звезд, в туманностях или в отдельных областях неба присутствует большое количество ориентированных мелких капель из указанного внутризвездного вещества, то квадрупольная частота колебаний этих жидких капель может обеспечить наблюдаемое излучение пульсаров.

Характерной особенностью этих капель будет являться очень большая плотность вещества и малый коэффициент поверхностного натяжения. Если в качестве коэффициентов поверхностного натяжения капель взять значения:  $\alpha \sim 50$  эрг/см<sup>2</sup> (жидкие металлические капли из Ga, Sn, Bi размером  $5 \cdot 10^{-3}$  см [4]) и  $\alpha = 500$  эрг/см<sup>2</sup> (капли из ртути), а плотности порядка  $\rho = 10^5 - 10^{10}$  гр/см<sup>3</sup>, то для капель размерами  $1 - 10^{-7}$  см величина  $\nu$ , рассчитанные по (2), будут меняться от  $3 \cdot 10^{-5}$  гц до  $10^6$  гц (см. табл. I). Легко видеть, что излучение пульсаров ( $T=1,337 - 0,033$  сек или  $\nu = 0,73-30$  гц) будет связано каплям из внутризвездного вещества размерами  $10^{-1} - 10^{-4}$  см. Причем, наряду с излучением частотой квадрупольных колебаний может наблюдаться излучение малой интенсивности с удвоенной частотой, соответствующей колебаниям высшего порядка  $\ell = 3$  (см. формулу (1)).

Так как при плотностях порядка  $\rho \sim 10^6 - 10^7$  гр/см<sup>3</sup> система в каплях сжата с точки зрения электронов  $R/a \ll 1$  и разрежена с точки зрения ядер  $R/a \gg 1$  (см. [3]), то скопление из капель (т.е. пульсар) будет испускать световое излучение, а медленные ядерные реакции в каплях будут являться источниками радио и  $\gamma$  излучения как в отдельных спектральных линиях, так и в непрерывном

Таблица I

$\rho$ гр/см <sup>3</sup>	$\alpha = 500$ эрг/см <sup>2</sup>											
	$10^5$	$10^6$	$10^7$	$10^8$	$10^9$	$10^{10}$	$10^5$	$10^6$	$10^7$	$10^8$	$10^9$	$10^{10}$
$\alpha$	значения $\nu$ в гц											
1	$10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$10^{-4}$
$10^{-1}$	$3 \cdot 10^{-1}$	$10^{-1}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$10^{-3}$	1	$3 \cdot 10^{-1}$	$10^{-1}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-3}$
$10^{-2}$	10	3	1	$3 \cdot 10^{-1}$	$10^{-1}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-1}$	10	1	$3 \cdot 10^{-1}$	$10^{-1}$	$10^{-1}$
$10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$10^2$	$3 \cdot 10^1$	10	3	1	$10^3$	$3 \cdot 10^2$	$10^2$	$3 \cdot 10^1$	10	3
$10^{-4}$	$10^4$	$3 \cdot 10^3$	$10^3$	$3 \cdot 10^2$	$10^2$	$3 \cdot 10^1$	$3 \cdot 10^4$	$10^4$	$3 \cdot 10^3$	$10^3$	$3 \cdot 10^2$	$10^2$
$10^{-5}$	$3 \cdot 10^5$	$10^5$	$3 \cdot 10^4$	$10^4$	$3 \cdot 10^3$	$10^3$	$10^6$	$3 \cdot 10^5$	$10^5$	$3 \cdot 10^4$	$10^4$	$3 \cdot 10^3$
$10^{-6}$	$10^7$	$3 \cdot 10^6$	$10^6$	$3 \cdot 10^5$	$10^5$	$3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^7$	$10^7$	$3 \cdot 10^6$	$10^6$	$3 \cdot 10^5$	$10^5$
$10^{-7}$	$3 \cdot 10^8$	$10^8$	$3 \cdot 10^7$	$10^7$	$3 \cdot 10^6$	$10^6$	$3 \cdot 10^8$	$10^8$	$3 \cdot 10^7$	$10^7$	$3 \cdot 10^6$	$10^6$

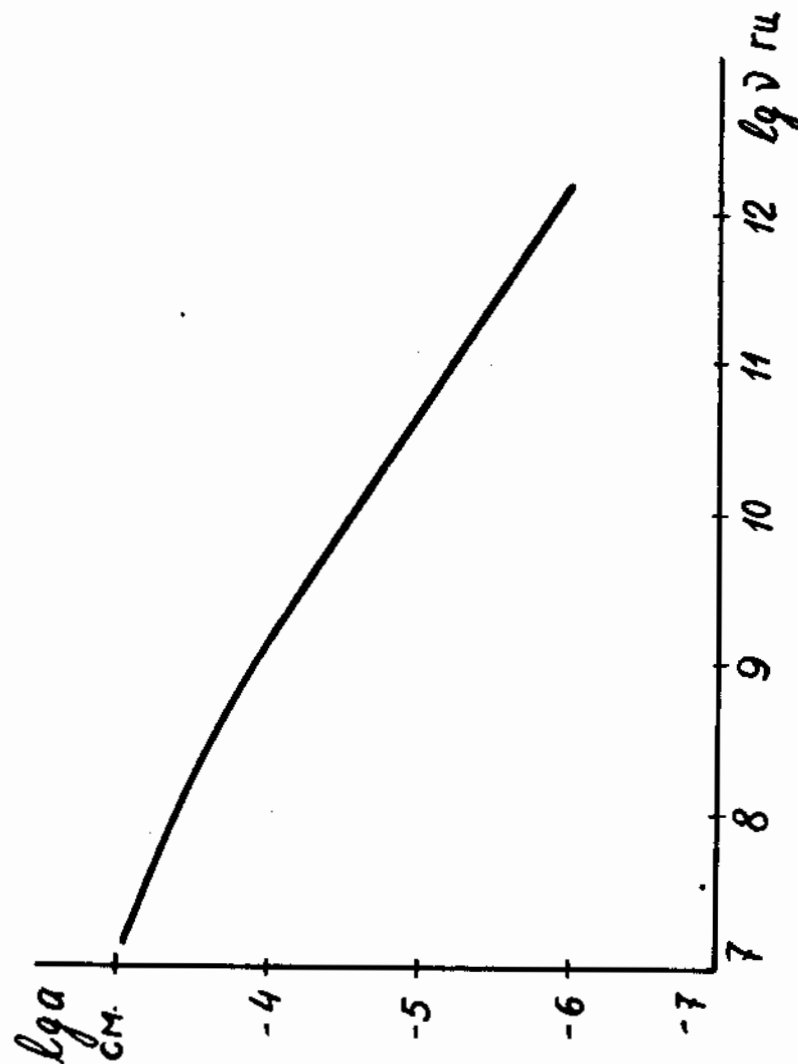
спектре. В течение времени, из-за гравитационного сжатия, плотность вещества капле будет постепенно увеличиваться. Если допустить, что при этом увеличение  $\rho$  будет происходить быстрее чем  $\alpha$ , то период колебаний пульсара будет увеличиваться. В дальнейшем, с увеличением  $\rho$  и в соответствии  $\alpha$ , из-за электронного захвата, вещество капле перейдет в нейтронное состояние ( $R/A_0 \sim 1$ ,  $\rho \sim 10^{14}$  г/см<sup>3</sup>,  $\alpha = 10^{21}$  эрг/см<sup>2</sup>). Тогда видимое излучение совершенно исчезнет, а частота квадрупольных колебаний нейтронных капле размерами  $10^{-3} - 10^{-6}$  см, рассчитанное по формуле (2), будет приходиться на диапазон  $10^7 - 10^{12}$  гц (см. рис. 1). Радиоизлучение радиосточника Кассиопея А., по видимому, обязано этому механизму излучения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. A. Hewish, S. J. Bell, J. D. H. Pilkington, P. F. Scott, R. A. Collins, Nature, 217, 709, 1968; J. D. H. Pilkington, A. Hewish, A. Hewish, S. J. Bell, T. W. Cole Nature, 218, 1968; G. S. Miller, E. G. Wampler, Nature, 221, 1037, 1969.
2. Г. Ламб, Гидродинамика, ОГИЗ, гл. 9, 1947
3. А. А. Киржниц, ЭТФ, т. 38, вып. 2, 503, 1960
4. А. Уббелоде, Плавление и кристаллическая структура, Москва, гл. 14, 1969.

Рукопись поступила 17 апреля 1969 года

Институт радиобиологии  
и электроники АН Арм.  
ССР



Заказ 221

03100

Тираж 200

Множительно-копировальный сектор Ереванского физического  
института, Ереван 36, Маркаряна 2