ЛИТЕРАТУРА

1. *В. Г. Панаджян*, Сообщ. Бюр. обс. (в печати).
2. *В. Г. Панаджян*, Астрофизика (в печати).
3. *В. Г. Панаджян*, Сообщ. Бюр. обс. (в печати).
4. *P. J. S. Williams*, Nature, 200, 56, 1963.
5. *Z. T. Zitlle, A. Hemish*, M. N. 138, 339, 1968.
6. *M. N. Cohen, E. J. Cundermann, D. E. Harris*, Ap. J., 150, 776, 1967.
7. *Т. Д. Антонова, В. В. Виткевич, В. Г. Панаджян*, Астрофизика (в печати).
8. *C. Hazard, M. B. Mackey, A. J. Shimmins*, Nature, 197, 1037, 1953.

О НЕЙТРОННЫХ ЗВЕЗДАХ МАЛОЙ МАССЫ

Как известно, у пульсаров CP 1919 и AP 2315 + 28 кроме основного периода $\tau_1 \approx 1$ *сек* имеется также подпериод $\tau_2 \approx 10^{-2}$ *сек*, [1]. Если связать основной период с вращением магнитной нейтронной звезды, а подпериод с радиальными пульсациями (см. обзор [2]), то, как было показано в [3], такие радиальные колебания могут иметь только нейтронные звезды малой массы ($M = 0.1 - 0.2\ M_\odot$). В данной заметке рассматриваются время остывания и внутренние характеристики таких горячих нейтронных звезд.

Нейтронные звезды малой массы имеют ряд характерных особенностей. В отличие от обычных барионных конфигураций, радиус которых 6 — 10 *км* у устойчивых нейтронных звезд малой массы радиус может достигать ста и более *км*. Причем, такое сильное набухание происходит за счет оболочки, где вещество имеет такой же состав, как в белых карликах — „eA"—фаза; масса же почти вся сконцентрирована в нейтронной сердцевине [4—6]. Так как радиус более чем на целый порядок больше, чем у обычных нейтронных звезд, то при одной и той же поверхностной температуре светимость у таких конфигураций будет превосходить светимости обычных нейтронных звезд на два порядка. На диаграмме Герцшпрунга-Рессела они расположены в нижнем левом углу и занимают промежуточное положение между белыми карликами и обычными нейтронными звездами. На рис. 1 показана зависимость светимость—температура для четырех сверхплотных конфигураций: двух железных белых карликов с $M_1 = 0.18\,M_\odot$ ($R = 12680$ *км*) и $M_2 = 1.08\,M_\odot$ (предельная масса для устойчивых белых карликов; $R = 1700$ *км*) [7] и двух устойчивых нейтронных звезд малой массы с $M_3 = 0.1\,M_\odot$ ($R = 102$ *км*) и $M_4 = 0.2$ ($R = 69$ *км*) [8]. Характерным здесь является то, что имеется некоторая область запрета (область между M_2 и M_3), относящаяся к неустойчивым конфигурациям. В табл. 1 приведены основные характеристики нейтронной звез-

ды с $M = 0.1\,M_\odot$. При подсчете этих данных для коэффициента звездной непрозрачности нами был использован закон Крамерса: $\chi = 4.94 \cdot 10^{23} \cdot \rho \cdot T^{-3.5}$ (химический состав $X = 0$, $Y = 0.9$, $Z = 0.1$) [9]. В таблице приведены значения температуры — T_0, плотности — ρ_0 и радиуса — r_0, при которых наступает вырождение электронов оболочки. В силу весьма большой теплопроводности вырожденных электронов принято, что внутренняя температура постоянна и равна T_0. Так как почти вся масса сконцентрирована в центральном нейтронном ядре, то, воспользовавшись выражением теплоемкости вырожденного нейтронного газа (см., например, [10]), легко вычислить внутреннюю тепловую энергию U, а следовательно и время остывания от светимости L_1 до светимости L_2: $\tau = -\int_{L_1}^{L_2} [(d\,U/d\,L)/L]\,dL$. В рассматриваемом случае для всех строчек таблицы $L_1/L_2 = 10$ и для τ легко получить: $\tau = 4.97 \cdot 10^4\,(L/L_\odot)^{-3/7}$ лет. Укажем, что в рассматриваемой области центральных температур нейтринная светимость оказывается на несколько порядков ниже фотонной светимости [11], и поэтому ею можно пренебречь. В таблице приводятся также значения $\lambda_{max} = 0.29/T$ (закон смещения Вина), из которых видно, что при $(L/L_\odot) \lesssim 10^{-6} - 10^{-7}$ λ_{max} попадает в оптическую область.

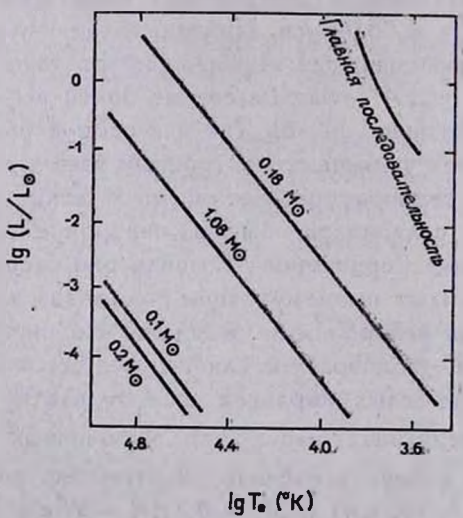

Рис. 1. Теоретическая диаграмма Герцшпрунга-Рессела для белых карликов и нейтронных звезд малой массы.

В заключение отметим, что обнаружение нейтронных звезд малой массы возможно может представлять интерес и в связи с

различными космогоническими концепциями образования небесных тел. Такие тела находятся в минимуме кривой масса—центральная плотность $M(\rho_c)$ ($\rho_c = 0.5 - 1\cdot10^{14}$ г/см^3) и весьма близки к состоянию потери устойчивости. Поэтому нам кажется

Таблица 1

ВРЕМЯ ОХЛАЖДЕНИЯ И ВНУТРЕННИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕЙТРОННОЙ ЗВЕЗДЫ С $M = 0.1\,M_\odot$, $R = 102$ км

$L/L_\odot$	Поверхностная температура T_e^* K	λ_{max} Å	Внутренняя температура T_8 °K	Время охлаждения τ лет	Плотность вырождения ρ_0 г/см^3	Толщина вырожденного слоя $(R-r_0)/R$
10^{-2}	$1.50\cdot10^5$	193	$3.24\cdot10^7$	$5.69\cdot10^5$	$8.75\cdot10^3$	$6.25\cdot10^{-3}$
10^{-3}	$8.46\cdot10^4$	343	$1.70\cdot10^7$	$9.58\cdot10^5$	$3.48\cdot10^3$	$3.28\cdot10^{-3}$
10^{-4}	$4.76\cdot10^4$	610	$8.87\cdot10^6$	$2.58\cdot10^6$	$1.24\cdot10^3$	$1.71\cdot10^{-3}$
10^{-5}	$2.68\cdot10^4$	1080	$4.47\cdot10^6$	$7.09\cdot10^6$	$4.92\cdot10^2$	$8.63\cdot10^{-4}$
10^{-6}	$1.50\cdot10^4$	1940	$2.29\cdot10^6$	$1.85\cdot10^7$	$1.75\cdot10^2$	$4.40\cdot10^{-4}$
10^{-7}	$8.46\cdot10^3$	3430	$1.23\cdot10^6$	$4.97\cdot10^7$	$6.95\cdot10^1$	$2.37\cdot10^{-4}$
10^{-8}	$4.76\cdot10^3$	6100	$6.31\cdot10^5$	$1.34\cdot10^8$	$2.20\cdot10^1$	$1.22\cdot10^{-4}$

физически неправдоподобным связывать образование таких малоустойчивых объектов с катастрофическими процессами (с выбросом значительной части массы), которые происходят при коллапсе звезд с массой, больше максимальной массы устойчивых белых карликов (диффузная концепция). По космогоническим же воззрениям В. А. Амбарцумяна [12], небесные тела не обязательно проходят диффузную стадию развития, и поэтому здесь нет необходимости связывать образование нейтронных звезд малой массы с коллапсом массивных звезд.

Выражаю глубокую благодарность академику В. А. Амбарцумяну и профессору Г. С. Саакяну за полезные обсуждения.

The neutron stars of small masses. The cooling time and interior characteristics of hot neutron stars of small masses are considered.

30 ноября 1969

Бюраканская астрофизическая обсерватория
Ереванский Государственный университет

Ю. Л. ВАРТАНЯН

ЛИТЕРАТУРА

1. *F. D. Drake, H. D. Craft*, Nature, 220, 231, 1968.
2. *В. Л. Гинзбург, В. В. Железняков, В. В. Зайцев*, УФН, 98, 201, 1969.
3. *K. S. Thorne*, Commun, Astrophys. and Space Sci., 1, (1), 1967.
4. *Г. С. Саакян, Ю. Л. Вартанян*, Астрон. ж., 41, 193, 1964.
5. *T. Hamada, E. E. Salpeter*, Ap. J., 134, 683, 1961.
6. *Ю. Л. Вартанян*, Астрофизика, 3, 497, 1967.
7. *Ю. Л. Вартанян*, Астрофизика, 1, 373, 1968.
8. *J. B. Hartle, K. S. Thorne*, Ap. J., 153, 807, 1968.
9. *М. Шварцшильд*, Строение и эволюция звезд, ИЛ, М., 1961.
10. *С. Чандрасекар*, Введение в учение о строении звезд, ИЛ. М., 1950.
11. *S. Tsuruta, A. G. W. Cameron*, Canad. J. Phys., 44, 1863, 1966.
12. *В. А. Амбарцумян*, Научные труды, т. 2, Ереван, Из-во АН Арм. ССР, 1960.

ОБ ОДНОЙ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОВЕРКИ ГИПОТЕЗЫ АРПА

Выдвинутая Арпом [1] гипотеза о выбросе некоторых радиоисточников (квазаров, N-галактик и т. д.) из родительской галактики объединяет в одну физическую группу объекты с существенно различными красными смещениями $z = \Delta\lambda/\lambda_0$. Если эта гипотеза верна, то расстояния членов одной группы от наблюдателя должны быть сравнимы, а так как наблюдаемые красные смещения выброшенных объектов $z_н$ всегда значительно превосходят красные смещения родительской галактики $z_г$, то объяснение природы красного смещения полностью допплеровским эффектом отпадает, поскольку нет оснований считать, что выбросы происходят лишь в направлении от наблюдателя. Следовательно, большая часть z_x наблюдаемого красного смещения обусловлена свойствами самого объекта независимо от его положения в пространстве, некоторая доля z_v — допплеровским смещением, вызванным собственной локальной скоростью выброшенного объекта, и совсем малая часть $z_к \approx z_г$ имеет космологическую природу.

То обстоятельство, что среди отождествлений Арпа имеются квазары, позволяет произвести проверку его гипотезы. Известно, что дисперсия на графике, дающем зависимость наблюдаемого красного смещения квазара $eg\,c\,z_н$ от его видимой величины m_v, велика. Можно указать следующие причины появления этой дисперсии:

а) собственная дисперсия характеристик этого класса объектов (дисперсия в величинах z_x и абсолютных величинах M);

б) дисперсия пространственных локальных скоростей (величин z_v);