

§ 4. Параметры нейтронных звезд

Важнейшими из принципиально наблюдаемых параметров нейтронных звезд являются масса M , радиус R_x , момент инерции I и предел Оппенгеймера—Волкова M_{OV} .

Все эти параметры теоретически рассчитывались в разнообразных предположениях об уравнении состояния (см., например, обзор Кануто, 1977; Шапиро и Тьюколски, 1985). На рис. 17 приведены эти параметры для наиболее реалистичных уравнений состояния (более подробно см. Бейм и Петик, 1979). В табл. 2 приведены значения предела Оппенгеймера—Волкова для этих же расчетов. Схема на рис. 18 иллюстрирует различия R- и TNI-моделей.

Как видим, для обеих моделей характерно наличие твердой коры общей толщиной $\sim 0,1$ радиуса звезды. Вещество коры представляет собой смесь

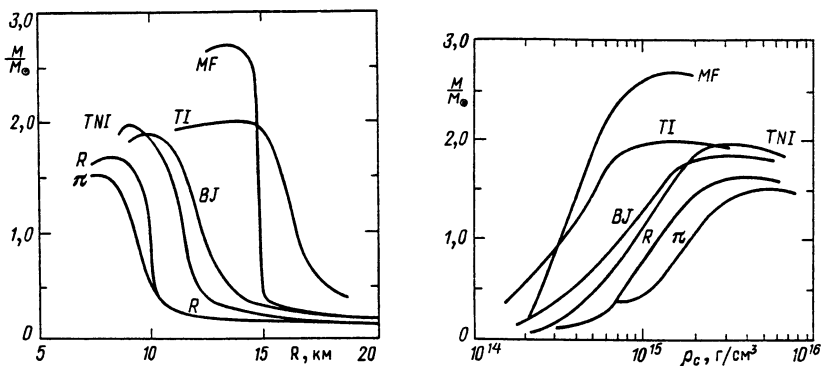


Рис. 17. Результаты численных расчетов моделей нейтронных звезд в различных предположениях о свойствах сверхплотного вещества (Бейм и Петик, 1979)

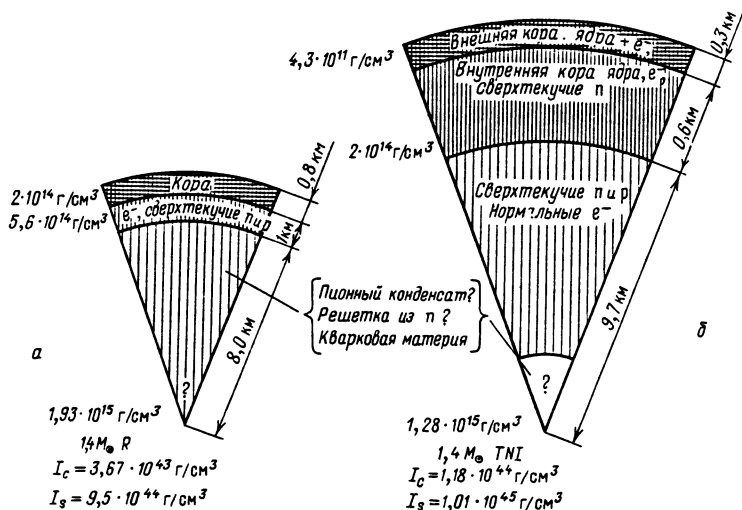


Рис. 18. Внутреннее строение нейтронной звезды для двух уравнений состояния: а — R и б — TNI

Таблица 2

Предел Оппенгеймера–Волкова для различных уравнений состояния

Уравнение состояния	Обозначение	M_{OV}/M_{\odot} без вращения	M_{OV}/M_{\odot} с учетом вращения
Пионный конденсат	π	1,5	?
Уравнение Рейда	R	1,6	?
Уравнение Бете– Джонсона	BJ	1,9	2,16
Приближение трехнук- лонного взаимодействия	TNI	2,0	?
Приближение тензорного взаимодействия	TI	2,0	?
Приближение среднего поля	MF	2,7	3,18

ядер и электронов при малых плотностях ($\rho \lesssim 4 \cdot 10^{11}$ г/см³) и при больших плотностях (внутренняя кора: $4,3 \cdot 10^{11} < \rho < 2 \cdot 10^{14}$ г/см³) переходит в смесь решетки из ядер и сверхтекучей нейтронной жидкости. Подавляющая часть вещества (по массе и моменту инерции) представляет собой сверхтекучую жидкость из протонов и нейтронов ($\rho \gtrsim (2 - 6) \times 10^{14}$ г/см³).

Свойства самых центральных областей изучены хуже всего (π – конденсат? Твердое нейтронное ядро? Кварковое ядро?).

Все приведенные расчеты касаются только невращающихся нейтронных звезд.

§ 5. Массы нейтронных звезд

Часть наблюдаемых нейтронных звезд входит в состав двойных систем. Это счастливое обстоятельство позволяет их "взвешивать".

Делается это в отдельных случаях с рекордной для астрономии точностью! Парадоксально, но наиболее точно измерены массы именно нейтронных звезд (погрешность ~4%).

Прежде чем приступить к изложению наблюдательных данных, давайте подумаем, а какие, собственно, массы могут быть у реальных нейтронных звезд? Наивный ответ мог бы звучать так. Массы нейтронных звезд должны лежать в интервале между пределами Чандрасекара и Оппенгеймера – Волкова: $M_{Ch} < M_x < M_{OV}$. Но это неправильно. Даже если предположить, что нейтронная звезда минимальной массы получается при полном коллапсе вырожденного ядра, имеющего предельную массу M_{Ch} , масса нейтронной звезды, измеренная удаленным наблюдателем, будет меньше M_{Ch} из-за гравитационного дефекта массы.

Масса нейтронной звезды, которая может быть измерена с помощью достаточно удаленных пробных тел, называется толменовской массой. Звезда – устойчивый объект. При образовании ее из бесконечно удаленных друг от друга частиц энергия выделяется. Следовательно, и масса такой