

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

98-257

P17-98-257

Б.В.Васильев

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ,  
ИНДУЦИРУЕМАЯ ТЯГОТЕНИЕМ  
В ЭЛЕКТРОННО-ЯДЕРНОЙ ПЛАЗМЕ,  
И СВЯЗАННЫЕ С НЕЙ  
АСТРОФИЗИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ

1998

1.1. Под действием высокого давления все вещества теряют свою индивидуальность и превращаются в сверхплотную электронно-ядерную плазму. Это происходит когда объем, приходящийся на один атом, становится меньше обычных атомных размеров [1]. Если температура плазмы не очень высока, то ее электронная подсистема представляет собой вырожденный ферми-газ. Электрические свойства такой сверхплотной плазмы определяются в первую очередь наличием этой ферми-системы, но они во многом отличаются от свойств металла. В дальнейшем нас будет интересовать специфика поведения электронно-ядерной плазмы в гравитационном поле.

Если исходное вещество было металлом, переход в электронно-ядерную плазму удобно проиллюстрировать, используя для этого теорему вириала [1]. Согласно этой теореме полная энергия металла, деформированного внешним давлением, может быть записана в виде [2]

$$E_t = -\frac{3}{5} N_i E_F^{(0)} \left[ 2 \left( \frac{n_i}{n_0} \right)^{1/3} - \left( \frac{n_i}{n_0} \right)^{2/3} \right] \quad (1)$$

Здесь

$N_i$  - число ионов;

$n_i$  - плотность ионов (ионы мы считаем одновалентными);

$n_0$  и  $E_F^{(0)}$  - плотность ионов и энергия Ферми при отсутствии давления.

Пока давления невелики и плотность металла  $n_i \approx n_0$ , согласно (1), его полная энергия отрицательна. Этот факт отражает существование внутри металла ионной решетки, которая удерживает ионы в определенном положении друг относительно друга. Действие гравитации на металлы хорошо изучено ранее [3-8]. Оно сводится к деформации ионной решетки металла и "подстройке" электронного газа под плотность ионов. Это ведет к появлению внутри металла электрического поля с напряженностью

$$E \approx -\left( \frac{m}{e} \right) g. \quad (2)$$

Здесь  $E$  - напряженность электрического поля;

$g$  - ускорение свободного падения;

$m_i$  - масса иона;

$e$  - заряд электрона.

Это равенство есть результат того, что ионы в металле занимают фиксированные места в ионной решетке, а электронный газ свободно смещается относительно ионов, отслеживая изменение их плотности. Важно заметить, что напряженность поля, описываемая равенством (2), столь мала, что ее невозможно измерить экспериментально.

1.2. Когда на металл действует сверхвысокое давление, и его плотность возрастает в восемь или более раз, то, согласно (1), его энергия становится положительной - это отражение его перехода в состояние электронно-ядерной плазмы. В этом состоянии ядра (ионы) уже не испытывают взаимного притяжения, которое существовало в металле. Взаимное притяжение между ядрами и электронным газом приводит к возникновению эффективных сил отталкивания между ядрами, что не мешает им быть упорядоченными в некоторую плотно упакованную решетку.

В общем случае равновесие частиц плазмы в гравитационном поле можно записать в виде

$$\gamma g = \nabla p_e + \rho E. \quad (3)$$

Здесь  $\gamma$  - плотность металла;

$\rho$  - плотность электрического заряда;

$\nabla p_e$  - градиент давления электронного газа.

Равенство (3) описывает общий случай. Оно применимо и к разреженной плазме, и к сверхплотной плазме. Поэтому оно не может дать ответ на вопрос о величине электрической поляризации в каждом из этих случаев.

В разреженной плазме гравитационная сила уравнивается возникающим градиентом давления в электронном газе и возникающей при этом электрической поляризацией можно пренебречь. В сверхплотной плазме дело обстоит по-другому.

Исходя из того, что внутри электронного газа потенциал иона спадает по закону Юкавы с длиной экранирования  $\lambda$ :

$$\varphi(r) = \frac{e \cdot \exp(-r/\lambda)}{r}, \quad (4)$$

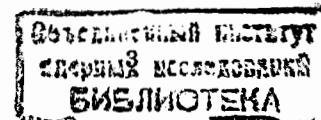
можно записать выражение для плотности электронного газа, находящегося между двумя соседними ионами, расположенными на расстоянии  $a$ :

$$n(r) \approx \frac{1}{4\pi\lambda^2} \left[ \frac{e^{-r/\lambda}}{r} + \frac{e^{-(a-r)/\lambda}}{a-r} \right]. \quad (5)$$

Эта плотность в области "хвоста" распределения на малом расстоянии  $x$  от точки  $R=a/2$

$$n(x) \approx \frac{e^{-R/\lambda}}{2\pi R\lambda^2} \left[ 1 + \frac{x^2}{2R\lambda} \right]. \quad (6)$$

Смещение иона под действием гравитации относительно его равновесного положения в электронном газе, создающем давление, приводит к возникновению двух механизмов возвращающих сил. Первый связан с отталкиванием "хвостов" электронных облаков между ионами. Второй - со смещением иона относительно закрепленного стенками электронного газа постоянной плотности



$$n_e = \frac{e^{-R/\lambda}}{2\pi R \lambda^2}. \quad (7)$$

Так как длина экранирования

$$\lambda \approx a, \quad (8)$$

то давление электронного газа в области "хвоста" распределения на малом расстоянии  $x$  от точки  $R=a/2$  по порядку величины

$$p_e \approx n_e E_F \left(1 + \frac{x^2}{R^2}\right)^{5/3} \approx n_e E_F \left(1 + \frac{5x^2}{3R^2}\right). \quad (9)$$

Поэтому смещение иона на малое расстояние  $x$  относительно своих соседей повысит с одной стороны иона и уменьшит с другой его стороны давление на величину

$$\Delta p_x \approx n_e E_F \frac{x^2}{R^2}, \quad (10)$$

что приводит к появлению возвращающей (объемной) силы

$$\bar{\nabla} p_x \approx \frac{\Delta p_x}{a} \approx \frac{e^2}{a^2} n_e \left(\frac{x}{a}\right)^2 \frac{\bar{x}}{x}. \quad (11)$$

Электрическая сила, связанная со смещением иона относительно центра электронного облака постоянной плотности  $n_e$  на расстояние  $x$ , по порядку величины равна

$$\rho E \approx \frac{e^2}{a^2} n_e \frac{\bar{x}}{a}. \quad (12)$$

В связи с тем, что  $x \ll a$ , силой (11) можно пренебречь. Это возможно благодаря тому, что плотность электронного ферми-газа, удерживаемого стенками, создающими давление, настолько высока, что имеет почти везде постоянное значение. Ядра своим кулоновским полем способны возмутить эту плотность только в ближайшей своей окрестности. Поэтому положение ядер внутри электронного газа определяется в основном действующими между ними и электронным газом кулоновскими силами, и вместо (3) в этом случае имеем

$$\gamma g - \rho E = 0, \quad (13)$$

$$\nabla p_e = 0. \quad (14)$$

1.3. В силу того, что

$$\operatorname{div} E = 4\pi\rho \quad (14)$$

и

$$\operatorname{div} g = -4\pi G\gamma, \quad (15)$$

из (13) получаем

$$\rho = G^{1/2} \gamma \quad (16)$$

или

$$E = -G^{-1/2} g. \quad (17)$$

Здесь  $G$  - гравитационная константа.

Плотность заряда, возникающего в сверхплотной плазме под действием гравитации, согласно (16) весьма мала. Если обозначить массу, приходящуюся на один электрон ферми-газа,  $m_x$ , то суммарный заряд одного ядра, окруженного электронным облаком, составит величину порядка  $G^{1/2} m_x$ , т.е. всего примерно  $10^{-17}$  заряда электрона. Однако напряженность поля, соответствующая равенству (17), может быть очень большой из-за того, что велики размеры космического тела. Возникновение такой электрической поляризации внутри космического тела, описываемой равенствами (7) и (8), будем называть гравитационно-индуцированной электрической поляризацией (ГИЭП).

2. На поверхности космического тела давление равно нулю, поэтому вблизи нее всегда существует область, где нет условий для возникновения ГИЭП. Для больших звезд размеры этой области незначительны, но для небольшой планеты ее размеры могут составлять значительную часть, так что поляризованным будет лишь внутренняя область планеты - ядро. На поверхности ядра напряженность электрического поля скачком обращается в нуль, что сопровождается скачком давления  $\nabla p$  [10].

Важным астрофизическим следствием эффекта ГИЭП является распределение плотности вещества внутри космического тела. Если в космическом теле, состоящем из вещества с атомной структурой, плотность и давление монотонно растут по мере приближения к центру, то в космическом теле, состоящем из электронно-ядерной плазмы, эффект ГИЭП приводит к тому, что градиент давления внутри поляризованной области отсутствует, и там существует постоянная плотность вещества ( $\gamma = \text{const}$ ). При этом нетрудно подсчитать то давление, при котором находится вещество внутри тела, т.к. оно равно скачку давления на его поверхности:

$$p = \nabla p(R) = \frac{E(R)^2}{8\pi} = \frac{2\pi}{9} G \gamma^2 R^2. \quad (18)$$

Здесь  $\gamma$  - плотность вещества в ядре;

$R$  - радиус ядра.

Можно говорить, что этот скачок давления обязан существованию скачка поляризации, или, что эквивалентно, поверхностному заряду. Этот поверхностный заряд образуется за счет выталкивания легких электронов на поверхность тела и делает полный заряд тела равным нулю.

3. Важным, скорее геофизическим, чем астрофизическим, приложением эффекта ГИЭП является построение на его основе внутренне самосогласованной теории Земли [11]. Модели Земли, построенные ранее, предполагали существование монотонной зависимости давления внутри Земли, а разделение Земли на ядро и мантию объяснялось тем

обстоятельством, что при возникновении Земли на ее долю выпало определенное количество железа и других тяжелых металлов, из которых сформировалось ядро, и нужная масса камня, которая построила мантию. В этих моделях следовало так подобрать параметры, чтобы получить нужные значения плотности ядра и мантии и их размеры. При построении теории Земли, основанной на эффекте ГИЭП, нет необходимости вводить свободные параметры. Предполагая, что Земля построена из однородного материала, разделение на ядро и мантию в ней получается за счет скачка давления (18) на границе электрически поляризованной центральной области. Основные результаты расчета сводятся к вычислению пяти величин:

- а) радиуса ядра Земли;
- б) плотности вещества в ядре;
- в) скачка плотности на его границе с мантией;
- г) средней массы иона, приходящегося на один электрон в ядре;
- д) степени поляризации ядра.

Все эти величины получаются путем минимизации полной энергии планеты и подстановки в соответствующие уравнения четырех параметров, характеризующих Землю (при известной гравитационной константе):

- а) массы Земли;
- б) радиуса Земли;
- в) плотности вещества на поверхности Земли;
- г) модуля упругого сжатия вещества на поверхности Земли.

Это позволяет получить и другие данные, например, распределение давления внутри Земли. Основные результаты расчета приведены на рис.1. Кроме того, исходя из полученных данных можно вычислить момент инерции Земли, который совпадает с измеренным с точностью до нескольких процентов, а также ее магнитный момент.

По-видимому, используя соответствующие данные о массе, размере и свойствах вещества на поверхности других планет, можно построить модели этих планет, если эти планеты имеют ядро, что может быть определено по тому, обладают они магнитным полем или нет.

4.1. Другое астрофизическое следствие эффекта ГИЭП связано с вращением космического тела вокруг своей оси. Это вращение в целом электронейтрального тела ведет к появлению у него магнитного момента за счет того, что положительный объемный заряд, сосредоточенный внутри ядра, и отрицательный поверхностный, расположенный на его поверхности, движутся при вращении по разным радиусам. Это приводит к тому, что все космические тела, где действует эффект ГИЭП, приобретают магнитные моменты  $\mu$ , отношение которых к моментам вращения тел  $L$  (точнее, к моментам вращения их ядер) выражается через отношение фундаментальных констант [10]:

$$\frac{\mu}{L} = \frac{G^{1/2}}{3c} \quad (19)$$

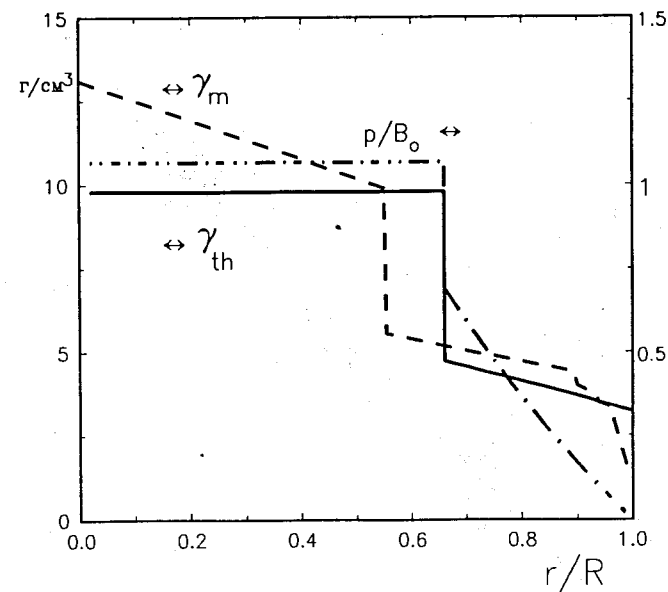


Рис.1 Радиальная зависимость давления и плотности вещества внутри Земли [11].

Сплошная линия - расчетная зависимость плотности вещества, полученная для модели Земли, построенной методом минимизации полной энергии с учетом действия ГИЭП.

Пунктир - плотность Земли, полученная из измерений скорости распространения сейсмических волн.

Штрихпунктир - полученная с учетом действия ГИЭП расчетная зависимость давления внутри Земли, отнесенного к модулю упругого сжатия вещества мантии ( $1.3 \cdot 10^{12} \text{ дин/см}^2$ ).

4.2. Значения  $\mu(L)$  для всех космических тел, для которых они известны сегодня, показаны на рис.2 в логарифмическом масштабе [10].

На этом рисунке штрихпунктирной линией показано отношение (19), сплошная линия получена методом наименьших квадратов из наблюдаемых данных. Как видно из этого рисунка, с логарифмической точностью гиромангнитные отношения, близкие к универсальному значению

$$\frac{G^{1/2}}{3c},$$

действительно имеют все космические тела: и звезды, и планеты, и

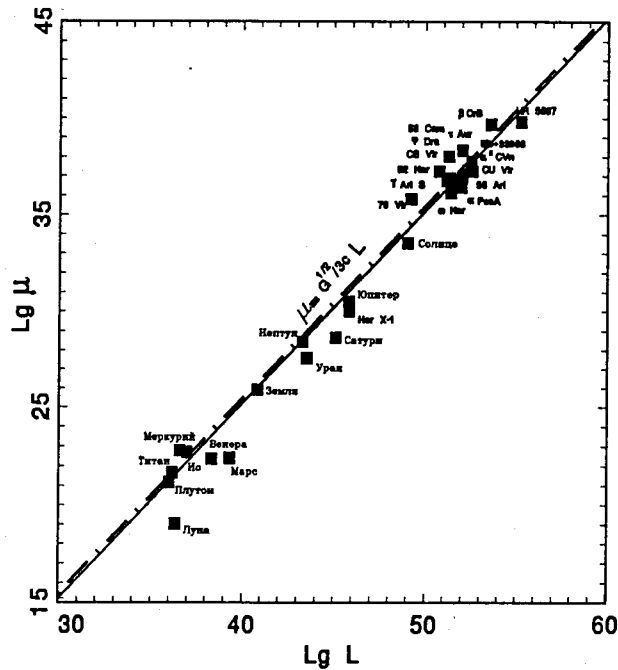


Рис.2 Наблюдаемые значения магнитных моментов космических тел в зависимости от их угловых моментов.

По оси ординат - логарифм магнитного момента, отнесенного к  $Gc/cm^3$ , по оси абсцисс - логарифм углового момента вращения, отнесенного к  $erg/c$ .

Штрихпунктирная линия - результат расчета по формуле  $\frac{G^{1/2}}{3c}$ ;

сплошная линия получена методом наименьших квадратов из наблюдаемых данных

пульсар (Нег X-1). Заметно выпадает только Луна, размеры которой слишком малы и, соответственно, внутреннее давление мало для образования поляризованного ядра. Для Земли расчет по теории, описанной выше, дает  $\mu \approx 4 \cdot 10^{25} G \cdot cm^3$ , что составляет почти точно половину от наблюдаемого значения  $8,05 \cdot 10^{25} G \cdot cm^3$ .

Тот факт, что для некоторых планет величины магнитных моментов вполне согласуются с равенством (19), но имеют другой знак, по-видимому, говорит о том, что механизм гидродинамо также играет свою роль.

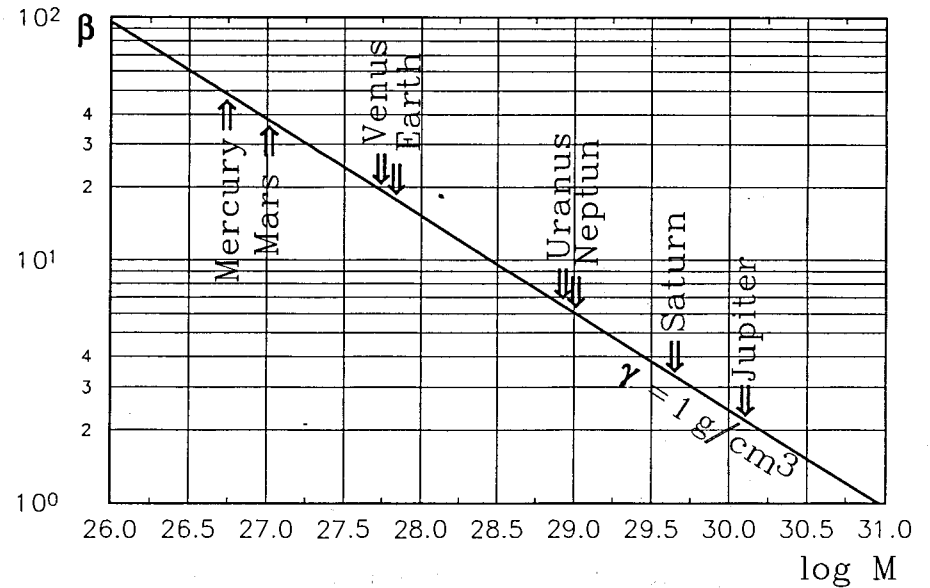


Рис.3 Зависимость массы ядра планет от параметра  $\beta$  и значения масс планет Солнечной системы

5. Важным астрофизическим следствием эффекта ГИЭП является формирование дискретного спектра масс космических тел, связанного с возможностью существования электронно-ядерной плазмы в различных состояниях. В общем виде уравнение состояния вещества, подвергнутого действию высокого давления, принято представлять как политропу [1]

$$p = C \cdot \gamma^{1 + \frac{1}{k}} \quad (20)$$

Здесь  $C$  - размерная константа;  
 $k$  - показатель политропы.

5.1. Согласно [1] уравнение состояния нерелятивистской электронно-ионной плазмы, характеризуемой политропным показателем  $3/2$ , имеет вид

$$P_{(3/2)} = \frac{(3 \cdot \pi^2)^{2/3} \cdot \hbar^2 \cdot \gamma^{5/3}}{5 \cdot m_e \cdot m_x^{5/3}} \quad (21)$$

Здесь  $m_e$  - масса электрона;

$m_x$  - масса вещества, приходящаяся на один электрон ферми-газа.

Исходя из того, что давление внутри космического тела создается эффектом ГИЭП и определяется равенством (18), из (21) для случая нерелятивистского ферми-газа электронов, соответствующего условиям,

существующим внутри планет, получаем выражения для массы ядра планеты:

$$M_{pl} = \zeta_p \cdot \left( \frac{\hbar^2}{G \cdot m_e \cdot m_p} \right)^{3/2} \cdot \frac{\gamma^{1/2}}{m_p \cdot \beta^{5/2}} \quad (22)$$

Здесь введено обозначение

$$\beta = \frac{m_x}{m_p}, \quad (23)$$

где  $m_p$  - масса нуклона (протона),

и константа

$$\zeta_p = \frac{54\pi}{5} \cdot \left( \frac{\pi}{10} \right)^{1/2} \approx 19.$$

В этом равенстве  $m_x$  должно соответствовать средней массе иона, приходящегося на один электрон. Поэтому самую большую массу, около  $10^{31} \text{ г}$ , должна иметь планета, состоящая из чистого водорода. На рис.3 показана зависимость (22) и приведены массы планет Солнечной системы.

К указанному пределу близка масса Юпитера, равная  $1,9 \cdot 10^{30} \text{ г}$ . Это значение согласуется с равенством (22) при  $\beta \approx 2$ , что говорит о дейтериево-гелиевом составе его ядра. У других планет поверхностная мантия не мала по сравнению с их размерами, и это обстоятельство делает равенство (22) слишком грубой оценкой. Так, для Земли, ядро которой имеет массу около  $2 \cdot 10^{27} \text{ г}$ , при плотности ядра  $10 \text{ г/см}^3$ , согласно (22), средняя масса иона получается примерно в два раза выше, чем дает более точный расчет [11]. Это является следствием того, что теперь мы учли давление на ядро только электрических сил. Кроме них примерно такое же давление на ядро Земли оказывает вещество мантии. Учет этого давления уменьшает значение  $m_x$  и приводит к хорошему согласию с [11]. Для более массивных планет давление мантии можно не учитывать, но для более легких этот эффект будет играть еще большую роль.

5.2. Если давление на вещество увеличивается, то оно переходит в состояние релятивистской электронно-ядерной плазмы, политропный показатель которой равен 3. Уравнение состояния такой плазмы есть [1]

$$P_{(3)} = \frac{(3 \cdot \pi^2)^{1/3} \cdot \hbar \cdot c \cdot \gamma^{4/3}}{4 \cdot m_p^{4/3} \beta^{4/3}} \quad (24)$$

Равновесная масса звезды, состоящей из релятивистской электронно-ядерной плазмы, получается из (18) и (24) равной

$$M_{st} = \zeta_s \cdot \alpha_0^{3/2} \cdot \frac{m_p}{\beta^2} \quad (25)$$

Здесь безразмерные константы

$$\alpha_0 = \left( \frac{\hbar \cdot c}{G \cdot m_p^2} \right) = 1.54 \cdot 10^{38} \quad (26)$$

$$\text{и } \zeta_s = (1.5^5 \cdot \pi)^{1/2} \approx 4.9.$$

С достаточно высокой точностью масса измерена для 56 двойных звезд [12]. Среди этих звезд имеются и субгиганты, и белые карлики, и звезды главной последовательности. Среднее значение их массы описывается равенством

$$\langle M_{st} \rangle = (0.97 \pm 0.05) M_{\odot} \quad (M_{\odot} - \text{масса Солнца}). \quad (27)$$

Центр этого распределения (рис.4) соответствует равенству (25) при  $\beta \approx 3$ , т.е. при отношении числа нейтронов к числу протонов  $\approx 3$ .

5.3. Дальнейшее увеличение давления приводит к тому, что термодинамически выгодными становятся ядерные реакции захвата ядрами электронов (с испусканием нейтрино). Энергетическая выгода такого процесса обусловлена уменьшением энергии электронного газа за счет уменьшения числа электронов. Это приводит к тому, что в такой ультрарелятивистской плазме устанавливается равновесное давление, не

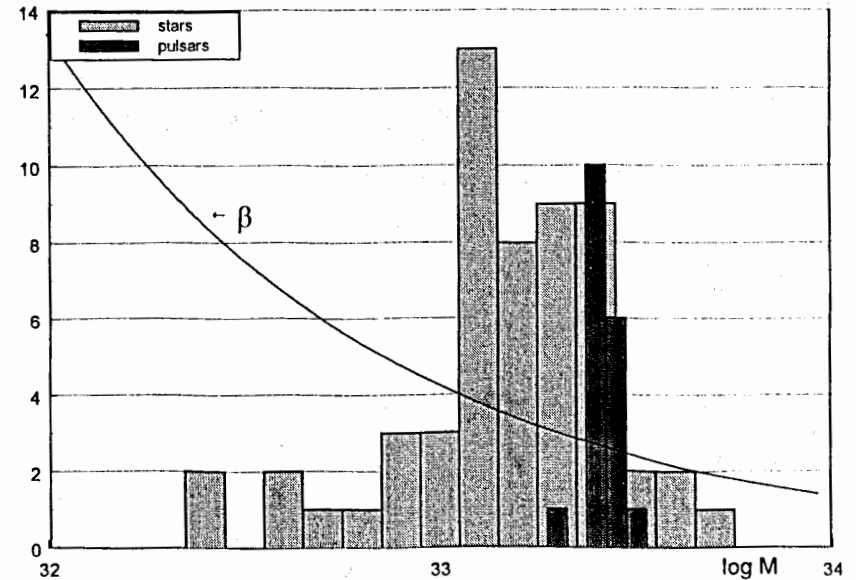


Рис.4 Гистограмма распределения по массе звезд и пульсаров, входящих в двойные системы. Кривая – зависимость (25).

По оси абсцисс – логарифм массы, отнесенной к 1 г

зависящее от плотности частиц. Уравнение состояния такой плазмы, в которой происходит процесс нейтронизации вещества, формально характеризуется политропным показателем  $k = -1$  и записывается в виде [1]

$$P_{(-1)} = \frac{\Delta^4}{12 \cdot \pi^2 \cdot (\hbar \cdot c)^3} \quad (28)$$

Здесь  $\Delta \approx 10^{-6}$  эрг - разница в энергии исходного и дочернего ядер, получившихся в результате захвата электрона.

В случае ультрарелятивистской плазмы из (18) и (28) получаем

$$M_{qu} = \zeta_q \cdot \left( \frac{\Delta^6}{(\hbar c)^{9/2} \cdot G^{3/2} \cdot \gamma^2} \right) \quad (29)$$

Здесь константа  $\zeta_q = \frac{1}{4\pi^3} \cdot \left( \frac{3}{2\pi} \right)^{1/2} \approx 6 \cdot 10^{-3}$ .

Так, эти космические объекты, состоящие из ультрарелятивистского электронного ферми-газа, их плотность не может быть менее плотности релятивистских звезд. Подставляя в (29), в качестве наименьшего возможного значения плотность Солнца  $\gamma = 1.32 / \text{см}^3$ , получаем, что масса этого объекта:

$$M_{qu} \leq 10^{46} z \quad (30)$$

при радиусе  $R_{qu} \leq 10^{15} \text{ см}$ .

Это дает определенные основания отождествить эти объекты с квазарами.

5.4. При еще более высоком давлении вещество переходит в состояние, которое, согласно [1], можно рассматривать как нерелятивистский вырожденный нейтронный ферми-газ с малой примесью протонов. Уравнение состояния такого нерелятивистского нейтронного вещества

$$P_{(3/2)}^{(n)} = \frac{(3 \cdot \pi^2)^{2/3} \cdot \hbar^2 \cdot \gamma^{5/3}}{5 \cdot m_p^{8/3}} \quad (31)$$

Для пульсаров, состоящих из нерелятивистского вырожденного нейтронного ферми-газа, согласно (18) и (31) равновесная масса получается равной

$$M_{nr}^{(n)} = \frac{54\pi^{3/2}}{5 \cdot 10^{1/2}} \left( \frac{\hbar^2}{G} \right)^{3/2} \frac{\gamma^{1/2}}{m_p^4} \quad (32)$$

Полагая его плотность равной ядерной, т.е. при  $\gamma = 4 \cdot 10^{13} z / \text{см}^3$ , получаем

$$M_{nr}^{(n)} = 0,42 M_{\odot} \quad (33)$$

5.5. При дальнейшем увеличении давления нейтронный ферми-газ становится релятивистским, уравнение состояния которого подобно уравнению состояния релятивистского электронного ферми-газа (24)

$$P_{(3)} = \frac{(3 \cdot \pi^2)^{1/3} \cdot \hbar \cdot c \cdot \gamma^{4/3}}{4 \cdot m_p^{4/3} \beta^{4/3}} \quad (34)$$

Для нейтронного ферми-газа параметр  $\beta$  должен быть равен 1, но как указано в [1] при таких плотностях необходимо учитывать ядерные силы и формула (34) при  $\beta=1$  может быть справедлива лишь по порядку величины.

С учетом (18) и (34), масса релятивистского пульсара может быть прямо выражена через мировые константы и будет зависеть только от одного параметра  $\beta$  (который в данном случае является подгоночным)

$$M_{ur}^{(n)} = \zeta_s \cdot \alpha_0^{3/2} \cdot \frac{m_p}{\beta^2} \quad (35)$$

Астрономы с достаточно высокой точностью определяют массу пульсара в том случае, если он входит в двойную систему. Согласно [13], таких пульсаров обнаружено 16. Их массы описываются очень узким распределением (рис.4)

$$\langle M_{pu} \rangle = (1.39 \pm 0.03) M_{\odot} \quad (36)$$

Центр этого распределения соответствует (36) при  $\beta \approx 2.4$ . Таким образом, приходим к заключению, что равенство (36) по порядку величины правильно описывает результаты наблюдений.

6. Коротко упомянем еще о нескольких астрофизических явлениях, в возникновении которых роль ГИЭП требует дополнительного обдумывания.

6.1. Рост плотности квазара, связанный с прохождением ядерных реакций, согласно (29), уменьшает равновесное значение его массы. Это, по-видимому, может приводить к потере им устойчивости. В результате чего квазар может распасться на более "мелкие" стабильные составляющие - релятивистские звезды. При этом запаса вещества в нем достаточно для образования галактики. Существование максимального значения массы квазара (30) наводит на мысль о том, что, идя этим путем, можно получить ответы на важные вопросы астрофизики: почему галактики имеют предельное значение масс, близкое к этому, и почему все самые крупные галактики, по данным астрономов, представляются одинаковыми?

6.2. По-видимому, пульсары могут быть теми источниками, которые генерируют сверхжесткое космическое излучение с энергией частиц, доходящей до  $10^{18}$  эВ. Согласно равенству (17) у пульсара под поверхностью должно существовать электрическое поле с напряженностью порядка  $\sim 10^{19}$  В/см. Это поле при сферической форме пульсара не будет выходить наружу и для внешнего наблюдателя будет не обнаружимо. Но

вращение пульсара вызовет отклонение от сферичности, и электрическое поле определенной конфигурации, пропорциональное степени этой несферичности, будет существовать снаружи и, как кажется, будет способно ускорить частицы до высоких энергий.

6.3. Ограничение на массу релятивистских звезд, стабилизированных эффектом ГИЭП, должно, по-видимому, изменить подход к вопросу о возможности коллапса при старении уже существующих звезд. Ядерные реакции синтеза внутри звезд должны сдвигать их равновесное состояние в направлении от  $\beta = 1$  к более высоким  $m_x$ . При неизменной полной массе это должно приводить к выходу звезд из равновесия. Чтобы возвращаться в равновесное состояние они должны сбрасывать свою массу, что, по-видимому, может произойти по-разному. Но после выгорания ядерного горючего за счет эффекта ГИЭП они должны остаться стабильными и устойчивыми при любой и даже нулевой температуре.

#### Литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика, М, "Наука", 1988, S 10. Статистическая физика, М., "Наука", 1976, S 24, 31, 57, 85.
2. Васильев Б.В., Любошиц В.Л. УФН, т. 164, N 4, ~1994, 367-374.
3. Schiff L.I., Barnhill M.V., Phys. Rev., v. 151 (1968) No 4, p. 1067-1071.
4. Dressler A.I. a.o., Phys. Rev., v. 168 (1968) No 3, p. 737-743.
5. Rieger T.J. Phys. Rev. B, v. 2 (1970) No 4, p. 825-828.
6. Leung M.C. Nuovo Cimento, v. 76 (1972) No 2, p. 825-828.
7. Kumar N., Naddini R., Phys. Rev. D, v. 151 (1973) No 4, p. 1067-1071.
8. Leung M.C., Papini G., Rystephanick R.G., Canadian Journ. of Phys., v. 49 (1971) p. 2754-2767.
9. Васильев Б.В. Препринт ОИЯИ, P17-98-144, Дубна, 1998.
10. Vasiliev B.V. Nuovo Cimento, v. 110, N10, (1996), 1361-1372.
11. Васильев Б.В. Препринт ОИЯИ, P17-97-405, Дубна, 1997.
12. Мартынов Д.Я., Курс общей астрофизики, Москва, "Наука", 1988.
13. Thorsett S.E., Chakrabarty D., E-preprint: astro-ph/9803260, 1998, 35pp; The Astroph. Journ., submitted 22 March 1998.

Рукопись поступила в издательский отдел  
18 сентября 1998 года.

Васильев Б.В.

P17-98-257

Электрическая поляризация, индуцируемая тяготением в электронно-ядерной плазме, и связанные с ней астрофизические эффекты

Рассмотрена электрическая поляризация, возникающая под действием тяготения в металле и электронно-ядерной плазме. Показано, что при отсутствии внешнего давления из-за существования ионной решетки в металлах электрическая поляризация под действием тяготения практически не возникает. В очень плотной плазме, в которую превращается металл под действием сверхвысокого давления, гравитация вызывает сильную электрическую поляризацию. Эта поляризация объясняет возникновение магнитных полей у космических тел и существование дискретного спектра масс планет, звезд и пульсаров. Возможно, этот эффект даст объяснение возникновению сверхжесткого космического излучения.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики им. И.М.Франка ОИЯИ и Институте физико-технических проблем.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1998

#### Перевод автора

Vasiliev B.V.

P17-98-257

Astrophysical Effects of the Gravity-Induced Electrical Polarization in Plasma

The gravity-induced electrical polarization in metal and electron-nuclear plasma is considered. In metals the electrical polarization under the action of a gravitation practically does not arise. In very dense plasma, to which the metal under the action of the superhigh pressure turns, the gravitation causes a strong electrical polarization. This polarization explains the occurrence of magnetic fields of space bodies and existence of a discrete spectrum of masses of planets, stars and pulsars. Probably this effect can explain the occurrence of the high energy cosmic radiation.

The investigation has been performed at the Frank Laboratory of Neutron Physics, JINR and at the Institute of Physico-Technical Problems.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 1998