

ВЕРХНЯЯ ОЦЕНКА КОНСТАНТ  
ГИПОТЕТИЧЕСКОГО ПСЕВДОСКАЛЯРНОГО  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОНА И НУКЛОНОВ  
ИЗ ЭКСПЕРИМЕНТА КАВЕНДИША

Г. В. Домогацкий, И. М. Железных, В. Д. Козлов

Время от времени различными авторами<sup>1-4</sup> обсуждается возможность существования псевдоскалярного мезона с нулевой массой или, иначе, псевдона  $\xi$ . Различные возможные следствия его существования уже неоднократно рассматривались в ряде работ<sup>3-6</sup>. Исходя из экспериментальной точности измерений величины лэмбовского сдвига, сверхтонкой структуры позитрония, аномального магнитного момента  $\mu$ - мезона и ряда других величин, Нгуен Ван Хьеу<sup>4</sup> получил следующие верхние ограничения на величину константы взаимодействия псевдона с электроном,  $\mu$ - мезоном и нуклонами

$$\beta_e \leq 3 \cdot 10^{-6}, \quad \beta_\mu \leq 3 \cdot 10^{-5}, \quad \beta_n \leq 10^{-1} \quad (1)$$

где  $\beta_i = g_i^2 / \hbar c$ , а  $g_i$  - константа взаимодействия псевдона с фермионом.

Рассмотрение энергетического баланса Солнца дало возможность поставить еще более жесткие ограничения на константы взаимодействия псевдона с электроном и протоном<sup>6</sup>.

$$\beta_e \leq 10^{-22}, \quad \beta_p \leq 2 \cdot 10^{-9} \quad (2)$$

Эти последние оценки представляются весьма надежными, т.к. они основываются лишь на самых общих

представлениях о механизме генерации и переноса энергии на Солнце.

Однако, если ставить вопрос о более общем плане, то в настоящее время нет ни одного непосредственно-го экспериментального доказательства того, что внутреннее устройство звезды является именно таким, каким оно представляется на основе данных о строении ее внешней оболочки, знания ее массы, радиуса и светимости. Даже термоядерная природа источников солнечной энергии не может считаться до конца доказанной, пока не будут завершены эксперименты по поиску солнечных нейтрино. Таким образом, говоря о надежности оценок (2) нужно помнить, что они надежны лишь в той мере, в какой справедливы основные положения современной теории эволюции звезд. Поэтому, на наш взгляд, представляется целесообразным получение дополнительных ограничений (даже если они являются более слабыми, чем (2)) не связанных с привлечением каких-либо астрофизических соображений. В настоящей заметке из опытов типа Кавендиша получены новые, более сильные, чем (1), ограничения на возможную величину константы взаимодействия псевдо-на с электроном и нуклонами, а также предложен эксперимент, в котором эти ограничения могут быть еще более усилены.

### 1. Псевдоскалярное взаимодействие в опыте Кавендиша

Сила псевдоскалярного взаимодействия между двумя фермионами  $F_{\xi} \sim r^{-4}$ . Тогда для двух шаров с радиусами  $R$  и  $r$  и массами  $M$  и  $m$  эта сила составляет

$$F_{\xi} = 2\pi^2 k n_i^m n_i^M \left\{ B \ln \frac{a^2 - (R+r)^2}{a^2 - (R-r)^2} + \right. \\ \left. + \frac{2}{3} \frac{R^3}{a} \ln \frac{a - R + r}{a - R - r} + \frac{2}{3} \frac{r^3}{a} \ln \frac{a + R - r}{a - R - r} - \frac{2}{3} R r \right\}$$

где  $B = \frac{R^3 + r^3}{3a} + \frac{R^2 + r^2}{2} - \frac{a^2}{6}$

а  $k = \frac{3}{2\pi} \beta_i^2$ , а - расстояние между центрами шаров в см,  $n_i^{(1)}$  и  $n_i^{(2)}$  - концентрация фермионов 1-го сорта в 1 см<sup>3</sup> вещества первого и второго шаров.

После первой работы Кавендиша<sup>7</sup>, выполненной в 1798 г., определение гравитационной постоянной по измерению величины взаимного притяжения двух металлических шаров производилось неоднократно. Мы воспользуемся результатами одного из таких опытов, где имеется подробное описание установки<sup>8</sup>. В этой работе измерялось притяжение двух свинцовых шаров с массами  $M=10$  кг и  $m = 2$  кг, радиусами  $R = 5,95$  и  $r = 3,48$  см. Расстояние между центрами шаров  $a = 12$  см. Значение гравитационной постоянной, полученное из этого измерения, составило  $\gamma = 6,64 \cdot 10^{-8}$  дин. см<sup>2</sup>. г<sup>-2</sup>. В пределах процентной точности оно согласуется с целым рядом других измерений, выполненных на установках, где расстояние между шарами было больше (т.е. относительный вклад псевдоскалярного взаимодействия  $F_s/F_v$  был меньше, чем в<sup>8</sup>) или меньше (т.е.  $F_s/F_v$  было больше), чем в установке Бёрджеса<sup>8</sup>. Поэтому потребовав, чтобы в опыте Бёрджеса вклад псевдоскалярного взаимодействия был  $F_s \leq 0,01 F_v$ , получим следующее верхнее ограничение на возможную величину  $\beta_i$

$$\beta_e \leq 10^{-9}, \quad \beta_{p,n} \leq 2 \cdot 10^{-5}, \quad (3)$$

что является существенно более сильным ограничением, чем (1).

## 2. Измерение радиуса кривизны поверхности жидкости

В 1899 г. А. Л. Гершун<sup>9</sup> предложил метод определения гравитационной постоянной по измерению радиуса кривизны поверхности жидкости при поднесении к ней пробного шарика. При этом радиус кривизны, обусловленной гравитационным полем Земли и шарика массы  $m$ , радиуса  $r$  и плотности  $\delta$ , составит (при  $r \ll h$ )

$$\rho = R \left[ 1 + \frac{\delta}{D} \left( \frac{r}{R} \right)^2 \right]^{-1}$$

где  $R$  - радиус Земли,  $h$  - расстояние от шарика до поверхности жидкости,  $D$  - плотность Земли.

Если ввести псевдоскалярное взаимодействие, то псевдоскалярный потенциал шарика у поверхности жидкости не будет превышать гравитационный лишь при выполнении условия

$$\beta_e \leq 10^{-8}h, \quad \beta_{p,n} \leq 5 \cdot 10^{-4}h \quad (4)$$

где  $h$  в см.

Следовательно, при  $h \approx 10^{-4}$  см такой эксперимент мог бы понизить верхние пределы для констант  $\beta_e$  и  $\beta_{p,n}$  соответственно до величин  $10^{-12}$  и  $5 \cdot 10^{-8}$ .

В заключение авторы выражают глубокую благодарность М. А. Маркову и В. Горячеву за полезные обсуждения.

Поступила в редакцию  
19 марта 1970 г.

### Л и т е р а т у р а

1. Goldstone J. Nuovo Cim., 14, 154 (1961).
2. Nambu Y., Iona - Lasino G. Phys. Rev. 127, 965 (1962).
3. Марков М. А. Нейтрино, "Наука", 1964.
4. Нгуен Ван Хьеу. ЖЭТФ, 47, 116 (1964).
5. Доан Нхыонг. Препринт ОИЯИ, Р-1993, (1965).
6. Домогацкий Г. В. Я.Ф., 8, 759 (1968).
7. Cavendish. Phil. Trans. 83, 388 (1798).
8. Burgess G.K. Phys. Rev. 14, 247 (1902).
9. Гершун А. Л. Compt. Rend. 129, 1013 (1899).