

НЕСОХРАНЕНИЕ ЧЕТНОСТИ И РЕАКЦИЯ $n + d \rightarrow \gamma + H_3$

A.H. Москалев

Цель настоящей работы – представить результаты вычислений P -нечетных корреляций при захвате тепловых нейтронов дейtronами. Эти корреляции возникают благодаря слабым взаимодействиям между нуклонами в системе нейtron-дейtron и в тритии. Реакция $n + d \rightarrow \gamma + H_3$ рассматривалась качественно в работе [1], где были высказаны предположения о сравнительно больших эффектах несохранения четности в этой реакции. Нами вычислены степень циркулярной поляризации образующихся γ -квантов P и коэффициенты асимметрии в угловом распределении γ -квантов a_n и a_d . Эта асимметрия возникает, если в начальном состоянии имеются поляризованные нейтроны (a_n) или дейтроны (a_d). При вычислениях учитывалось слабое взаимодействие нуклонов в тритии и системе nd . Амплитуда взаимодействия двух нерелятивистских нуклонов характеризуется пятью вещественными слабыми константами $g_0^0, g_0^1, g_0^2, g_1^0$ и g_1^1 , описывающими переходы между S - и P -состояниями. Нижний индекс означает полный момент перехода, верхний – изменение изоспина в переходе. Амплитуда взаимодействия протона и нейтрона (1 – протон, 2 – нейtron) имеет вид [2]

$$f_{pn}(k', k) = a_s(k) P_s + a_t(k) P_t + g_1^1 a_t(k) (\vec{\sigma}_1 + \vec{\sigma}_2)(k' + k) + \\ + \frac{1}{2} \{ g_0^{pn} a_s(k) + g_1^0 a_t(k) \} (\vec{\sigma}_1 - \vec{\sigma}_2)(k' + k) + \\ + \frac{i}{2} \{ g_0^{pn} a_s(k) - g_1^0 a_t(k) \} [\vec{\sigma}_1 \vec{\sigma}_2](k' - k). \quad (1)$$

Аналогичное выражение можно написать для амплитуды взаимодействия одинаковых нуклонов, pp или pp :

$$f_{NN}(k', k) = a_s(k) P_s + \frac{1}{2} g_0^{NN} a_s(k) \{ (\vec{\sigma}_1 - \vec{\sigma}_2)(k' + k) + \\ + i[\vec{\sigma}_1 \vec{\sigma}_2](k' - k) \}. \quad (2)$$

В этих формулах k и k' – начальный и конечный импульс нуклона [в СЦИ, $a_{s,t}(k)$ – амплитуды S -переходов в синглетном и триплетном со-

стоянными, $P_{s,t}$ – соответствующие операторы проектирования,

$$g_0^{pn} = g_0^0 - 2g_0^2, \quad g_0^{nn} = g_0^0 - g_0^1 + g_0^2, \quad g_0^{pp} = g_0^0 + g_0^1 + g_0^2. \quad (3)$$

Как видно из формул (1) и (2), несохраняющие четность члены в амплитуде взаимодействия двух нуклонов имеют резонансный характер, благодаря резонансным множителям $a_{s,t}(k)$. Это позволяет при рассмотрении слабых взаимодействий в трехнуклонных системах ограничиться учетом только парных взаимодействий нуклонов. Для определения волновых функций трития и nd -системы использовался метод суммирования нерелятивистских фейнмановских графиков, аналогичный методу работы [3]. Эти волновые функции использовались затем для вычислений циркулярной поляризации и коэффициентов угловой асимметрии в реакции $n + d \rightarrow \gamma + H_3$. Результаты вычислений:

$$\begin{aligned} P &= (-0,7g_0^{pn} + 0,2g_0^{nn} - 0,4g_1^0 - 1,7g_1^1)m, \\ a_n &= (-0,2g_0^{pn} - 1,0g_1^{nn} - 0,7g_1^0 + 1,0g_1^1)m, \\ a_d &= (0,2g_0^{pn} - 0,6g_0^{nn} - 0,2g_1^0 + 1,2g_1^1)m, \end{aligned} \quad (4)$$

где m – масса нуклона. Можно надеяться, что точность этих выражений такая же, как точность используемой теории нулевого радиуса действия ядерных сил, т.е. порядка 30%. Из (4) следует что P , a_n и a_d в реакции $n + d \rightarrow \gamma + H_3$ являются величинами порядка gm . Отсутствие надежной теории слабого нелептонного взаимодействия с $\Delta Y = 0$ не дает возможности вычислить константы g_j^T . Различные теоретические модели позволяют только оценить их порядок. Согласно этим оценкам $g_j^T m$ имеют величину от 10^{-5} до 10^{-7} в зависимости от модели [2], следовательно, в этих пределах лежат также значения параметров P , a_n , a_d . Экспериментальное измерение этих параметров, наряду с измерением аналогичных параметров в реакции $n + p \rightarrow \gamma + d$ даст возможность определить величину констант g_j^T . Это позволило бы решить ряд фундаментальных вопросов теории слабых взаимодействий [4].

Интересно сравнить значения P и a_n в реакции $n + d \rightarrow \gamma + H_3$ (I) со значениями этих параметров в реакции $n + p \rightarrow \gamma + d$ (II) [1,2]. Согласно [2], при захвате нейтронов протонами

$$\begin{aligned} P &= (0,5g_0^{pn} - 0,2g_1^0)m, \\ a_n &= 0,06g_1^1m. \end{aligned} \quad (5)$$

Сравнение (4) и (5) позволяет заключить, что степень циркулярной поляризации γ -квантов в обеих реакциях примерно одинакова, а параметр асимметрии a_n в реакции I значительно превышает аналогичный параметр в реакции II. Это превышение лежит в пределах от нескольких десятков (если g_J^0 и g_J^1 являются величинами одного порядка) до нескольких сотен (например, при октетном усилении). Однако, следует считать, что надежды на большую абсолютную величину эффектов несохранения четности в реакции I [1], по-видимому, не оправдались. Это позволяет объяснить отрицательный результат измерений a_n в реакции I [5]: $a_n = (0,28 \pm 1,55) 10^{-4}$. Как показывают приведенные выше оценки, для обнаружения эффекта необходимо повысить точность измерений по крайней мере на порядок.

Автор искренне благодарен Г.С.Данилову за полезные обсуждения, а также В.М.Лобашову за интерес к работе и обсуждение экспериментальных возможностей. Подробности вычислений волновых функций и эффектов несохранения четности будут опубликованы позднее.

Физико-технический институт
им. А.Ф. Иоффе
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
10 мая 1968 г.

Литература

- [1] R.J.Blin-Stoyle, H.Feshbach. Nucl. Phys., 27, 395, 1961.
- [2] G.S.Danilov. Phys. Lett., 18, 40, 1965.
- [3] В.В.Комаров, А.М.Попова. ЖЭТФ, 45, 214, 1963.
- [4] R.F.Dashen, S.C.Frautschi, M.Gell-Mann, Y.Hara. Preprint CALT.
CALT.- 68 - 2, 1964.
- [5] H.Forte, O.Saavedra. Report on International conference on the study
of nuclear structure with neutrons. Antwerpen, Belgium, July, 1965.