

# АНАПОЛЬНЫЙ МОМЕНТ ЛЕПТОНОВ И КВАРКОВ КАК ИСТОЧНИК P-НЕЧЕТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛЕПТОНОВ С АДРОНАМИ

М. П. Рекало

Показано, что анапольные моменты электрона или кварков в рамках однофотонного механизма могут приводить к  $P$ -нечетной асимметрии неупругого рассеяния продольно поляризованных электронов неполяризованными нуклонами и дейтронами. Обсуждаются экспериментальные возможности различить предсказания объединительных схем слабого и электромагнитного взаимодействий типа модели Вайнберга от предсказаний модели с анапольными моментами.

1. В последнее время на опыте обнаружена  $P$ -нечетная асимметрия неупругого рассеяния продольно поляризованных электронов неполяризованными протонами и дейтронами [1]. Эта асимметрия должна определяться интерференцией  $P$ -четной амплитуды однофотонного механизма и  $P$ -нечетной амплитуды слабого механизма. Обычно предполагается, что в данном случае слабый механизм обусловлен взаимодействием нейтральных слабых токов электрона и адронов. Полученные на опыте значения асимметрии согласуются с предсказаниями объединительной схемы слабого и электромагнитного взаимодействий Вайнберга [2] и не согласуются с предсказаниями вектороподобных схем.

В данной статье мы обращаем внимание на то обстоятельство, что  $P$ -нечетные эффекты в рассеянии поляризованных лептонов могут быть вызваны также анапольными моментами электрона или кварков. Еще в 1957 г. Зельдович указал [3], что для частиц со спином  $1/2$  существует единственная  $P$ -нечетная характеристика, не противоречащая  $CP$ -инвариантности – анапольный момент. Можно показать, что асимметрия рассеяния продольно поляризованных электронов неполяризованными адронами линейно зависит от анапольного момента. Поэтому, используя данные [1], можно оценить не только абсолютные значения анапольных моментов электрона и кварков, но и определить их знак. Будем использовать следующее выражение для электромагнитного тока электрона:

$$l_{\mu} = e\bar{u}(k_2) \left[ \gamma_{\mu} + \frac{a_e}{m_e^2} (\gamma_{\mu} k^2 + 2m_e k_{\mu}) \gamma_5 \right] u(k_1), \quad k = k_1 - k_2, \quad (1)$$

где  $a_e$  – анапольный момент электрона в единицах  $e/m_e^2$ . Тогда асимметрия неупругого рассеяния продольно поляризованных электронов на любой неполяризованной адронной мишени определяется формулой

$$A(e) = \frac{\sigma^{(+)} - \sigma^{(-)}}{\sigma^{(+)} + \sigma^{(-)}} = 4a_e \frac{(-k^2)}{m_e^2}, \quad (2)$$

где  $\sigma^{(\pm)} \equiv d^2 \sigma / d\Omega_e d\epsilon_2$  — сечение неупругого рассеяния электрона со спиральностью  $\pm 1/2$ , вычисленное в однофотонном приближении ( $\epsilon_2$  — энергия рассеянного электрона). Видно, что асимметрия зависит только от квадрата переданного импульса и не зависит от переданной энергии. Полученные на опыте значения асимметрии

$$A_d = (9,5 \pm 1,6) \cdot 10^{-5} k^2 / \text{ГэВ}^2, A_p = (9,7 \pm 1,7) \cdot 10^{-5} k^2 / \text{ГэВ}^2 \quad (3)$$

оказываются независимыми от мишени, что позволяет получить  $a_e = 6 \cdot 10^{-12}$ . Если считать, что анапольный момент обусловлен слабым взаимодействием, то "естественная" оценка для  $a_e$  может быть получена из соображений размерности,  $a_e \approx Gm_e^2 = 2 \cdot 10^{-12}$  ( $G$  — константа слабого взаимодействия), т.е. близко к экспериментальной оценке для  $a_e$ .

Слабое взаимодействие должно приводить и к анапольным моментам кварков, которые, в свою очередь, будут обуславливать  $P$ -нечетные эффекты в  $eN$ -рассеянии. В этом случае асимметрия глубоко неупругого рассеяния поляризованных электронов неполяризованными нуклонами может быть оценена в рамках кварк-партоновой модели. Ради простоты будем учитывать вклад только валентных кварков, в результате получим:

$$A_p = -6 \frac{k^2}{M^2} \frac{2a_u u(x) - a_d d(x)}{4u(x) + d(x)} \frac{1 - (1-y)^2}{1 + (1-y)^2}, \quad (4)$$

$$A_n = -6 \frac{k^2}{M^2} \frac{2a_u d(x) - a_d u(x)}{4d(x) + u(x)} \frac{1 - (1-y)^2}{1 + (1-y)^2},$$

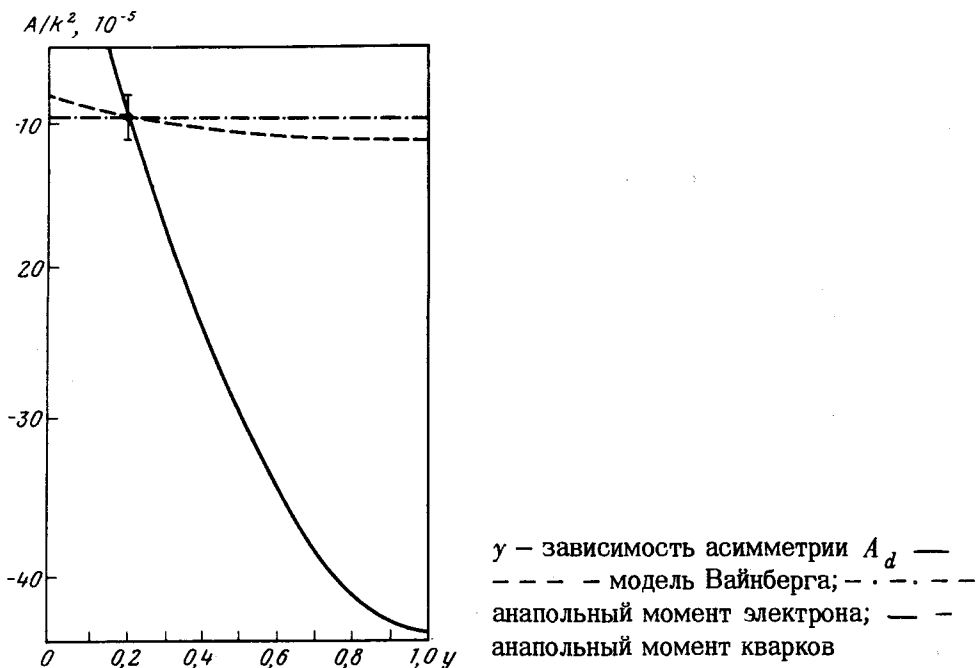
где  $a_u$  и  $a_d$  — анапольные моменты  $u$ -и  $d$ -кварков (в единицах  $e/M^2$ ,  $M$  — масса нуклона),  $u(x)$  и  $d(x)$  — функции распределения  $u$ -и  $d$ -кварков в протоне по продольным импульсам,  $x = -k^2/2\nu$ ,  $\nu = M(\epsilon_1 - \epsilon_2)$ ,  $y = 1 - \epsilon_2/\epsilon_1$ ,  $\epsilon_1$  — энергия начального электрона (в лабораторной системе).

Асимметрия глубоко неупругого рассеяния продольно поляризованных электронов дейтронами в рассматриваемом приближении не зависит от структурных функций:

$$A_d = -\frac{6}{5} \frac{k^2}{M^2} (2a_u - a_d) \frac{1 - (1-y)^2}{1 + (1-y)^2}, \quad \bar{A}_d = -\frac{3}{5} \frac{k^2}{M^2} (2a_u - a_d), \quad (5)$$

где  $\bar{A}_d$  — асимметрия, проинтегрированная по переданной энергии  $y$ . Используя экспериментальное значение  $A_d$ , получим  $2a_u - a_d = (-3,2 \pm 0,5) \cdot 10^{-4}$ . Еще одно уравнение для  $a_u$  и  $a_d$  можно получить, привлекая экспериментальное значение  $A_p$ . Используя отношение  $u(x)/d(x)$ , найденное из анализа данных по глубоко неупругому рассеянию неполяризованных электронов нуклонами [4], получим

$2a_u - 0,25a_d \neq (2,8 \pm 0,8) \cdot 10^{-4}$ , т.е.  $a_u = -1,4 \cdot 10^{-4}$ ,  $a_d = 0,5 \cdot 10^{-4}$ . Полученные значения  $a_u$  и  $a_d$  позволяют теперь предсказать значение асимметрии рассеяния поляризованных электронов на нейтронах для условий опыта [1]:  $A_n = 9 \cdot 10^{-5} \text{ к}^2 / \text{ГэВ}^2$ .



Таким образом, измеренные значения асимметрии рассеяния поляризованных электронов могут быть использованы для оценки анапольных моментов электрона и кварков. В этой связи возникает вопрос, как на опыте выбрать между альтернативными объяснениями происхождения  $P$ -нечетных эффектов при рассеянии электронов адронами. Как видно из рисунка,  $y$  – зависимость величины  $A_d^{(W)}$  в модели Вайнберга, существенно отличается от  $y$ -зависимости, ожидаемой в модели с анапольными моментами кварков; в то время как при достигнутой точности измерения  $y$ -зависимости  $A_d^{(W)}$  и  $A_d^{(e)}$  неразличимы. Но модели с анапольными моментами электрона или кварков, приводящие к одинаковым значениям асимметрии  $e^-d$ -рассеяния, должны приводить к различной интенсивности  $P$ -нечетных эффектов в атомах, а именно, только анапольный момент электрона может обеспечить  $P$ -нечетные эффекты в атомах, сравнимые с  $P$ -нечетными эффектами, предсказываемыми в модели Вайнберга.

Физико-технический институт  
Академии наук Украинской ССР

Поступила в редакцию  
14 января 1979 г.

### Литература

[1] C.Y.Prescott, W.B.Atwood, R.L.A.Cottrell et al. Preprint SLAC-PUB-2148, 1978.

[2] S. Weinberg. Phys. Rev. Lett., 19, 1264, 1967.

[3] Я.Б.Зельдович. ЖЭТФ, 33, 1531, 1957.

[4] R.C. Mc Elhaneу, S.F. Tuan. Nucl. Phys., B72, 487, 1974.

---