

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ АН СССР

---

препринт

В.Н.Байер

**О возможной проверке несохранения  
временной четности в опытах на  
встречных пучках**



НОВОСИБИРСК 1965



Для объяснения обнаруженного недавно  $K_2^0 \rightarrow 2\pi$  распада [1], в котором имеет место явное нарушение CP инвариантности, был предложен ряд гипотез. В частности, Окунем [2] и Прентки и Вельтманом [3] было указано, что наблюдаемый распад можно объяснить, если предположить, что существует новое, P-четное, но C- и CP(T)-нечетное взаимодействие, безразмерная константа связи которого  $\sim 10^{-2}$ . С другой стороны, Бернштейн, Фейнберг и Ли (БФЛ) [4] обратили внимание на то, что в настоящее время не существует никаких экспериментальных доказательств того, что электромагнитные взаимодействия сильно взаимодействующих частиц являются C и T(CP) инвариантными. Поскольку константа связи указанного выше гипотетического взаимодействия порядка постоянной тонкой структуры  $\alpha$ , они отождествили его с электромагнитным. В той же работе [4] БФЛ обсуждают большое число экспериментов, с помощью которых может быть проведена их гипотеза.

В этом письме указывается на то, что гипотеза БФЛ может быть проверена также в ряде опытов на встречных позитрон-электронных пучках. В настоящее время обсуждается вопрос о постановке некоторых из них на установке ВЭПП-2 (встречные электрон-позитронные пучки 2 x 700 Мэв) Института ядерной физики СО АН СССР [5].

При аннигиляции позитрон-электронной пары в пару сильно-взаимодействующих частиц в однофотонном приближении ряд процессов запрещен требованием C инвариантности. Эти процессы

$$\begin{array}{ll} \text{а) } e^+ + e^- \rightarrow \gamma \rightarrow \pi^0 + \eta^0 & \text{в) } e^+ + e^- \rightarrow \gamma \rightarrow \phi^0 + \rho^0 \\ \text{б) } e^+ + e^- \rightarrow \gamma \rightarrow \rho^0 + \omega^0 & \text{г) } e^+ + e^- \rightarrow \gamma \rightarrow \phi^0 + \omega^0 \end{array} \quad (I)$$

могут однако идти, если в токе перехода сильно взаимодействующих частиц имеется C-нечетный член (эти процессы в C инвариантной теории идут через обмен двумя фотонами

$e^+ + e^- \rightarrow 2\gamma \rightarrow \pi^0 + \eta^0$ , тогда в сечении имеется дополнительный множитель  $\alpha^2$  и поэтому оно, вообще говоря, сильно подавлено).

Рассмотрим для определенности процесс  $e^+ + e^- \rightarrow \gamma \rightarrow \pi^0 + \eta^0$ . С учетом закона сохранения, ток перехода имеет вид:

$$\langle \pi^0 \eta^0 | J_\mu | 0 \rangle = \langle \pi^0 \eta^0 | K_\mu^V | 0 \rangle = f_1 \left[ \mathcal{P}_\mu - \frac{m_\eta^2 - m_\pi^2}{\Delta^2} \Delta_\mu \right] \quad (2)$$



где  $\Delta = \rho_{\pi^+} + \rho_{\pi^0}$ ,  $\mathcal{P} = \rho_{\pi^0} - \rho_{\pi^+}$ ,  $K_{\mu}^V$  - изовекторная часть С-нечетного тока,  $f_1$  - формфактор "смешанного" зарядового распределения между  $\pi^+$  и  $\pi^0$  мезонами. Пренебрегая массой электрона, сечение процесса в с.ц.и. представим в виде:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega_2} = \frac{\alpha^2}{32E^2} \left(\frac{\rho}{E}\right)^3 |f_1|^2 \sin^2\vartheta \quad (3)$$

здесь  $E$  - энергия начального электрона,  $\vartheta$  - угол между направлением движения начальных частиц и импульсом  $\pi^0$ -мезона,  $\rho$  - импульс конечных частиц

$$\rho^2 = \frac{1}{4\Delta^2} \left[ \Delta^4 - 2\Delta^2(m_{\pi^+}^2 + m_{\pi^0}^2) + (m_{\pi^+}^2 - m_{\pi^0}^2)^2 \right] \quad (4)$$

В пространственноподобной области передач импульса БФЛ разлагали формфактор и считали радиус "распределения заряда" порядка электрического радиуса протона, тогда в существенной области формфактор оказывается довольно большим ( $\sim 10^{-1}$ ). Если он также велик во времениподобной области передач импульса, то сечение (4) достаточно велико. Однако наблюдение этого процесса весьма затруднено, т.к. надо регистрировать продукты распада  $\pi^0$  и  $\pi^+$  мезонов ( $2\gamma + 2\gamma$ ,  $2\gamma + \pi^+ + \pi^- + 2\gamma$  и т.д.).

Аналогично могут быть рассмотрены процессы б), в), г).

В опытах на встречных пучках наиболее реалистичским по видимому является исследование асимметрий для продуктов реакций типа д)  $e^+ + e^- \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \gamma$ ; е)  $e^+ + e^- \rightarrow K^+ + K^- + \gamma$  (5)

В дальнейшем мы рассмотрим для определенности реакцию д). Если нет С,Т инвариантности, то имеется два вида асимметрий: 1) разное распределение  $\pi^+$ ,  $\pi^-$  по энергиям; 2) разное распределение направлений вылета фотона относительно импульсов  $\pi^+$  и  $\pi^-$  мезонов. Особый интерес представляет последняя асимметрия, поскольку она может непосредственно наблюдаться при "симметричной" постановке опыта (симметричные детекторы измеряют  $\pi^+$ ,  $\pi^-$  мезоны и фотон; сравнивается число фотонов, которое летит в сторону  $\pi^+$  мезона и  $\pi^-$  мезона).

Процесс излучения фотона при двухпионной аннигиляции позитрон-электронной пары детально рассмотрен в работе [6]. Фотоны в этом процессе могут излучаться как пионами, так и электронами. Фотоны излучаемые электронами нас не интересуют, т.к. в этом случае С-нечетный ток не дает вклада. Заметим однако,



что эти фотоны излучаются в основном вдоль направления движения электронов и поэтому не регистрируются детекторами, которые ставятся под большим углом. При симметричной постановке опыта интерференционный член между вкладами излучения электронами и пионами обращается в нуль [6]. Что же касается фотонов излучаемых пионами, то из них нас интересуют только жесткие фотоны, поскольку излучение мягких фотонов может быть описано с помощью приближения классических токов [6], которое естественно является T инвариантным, т.к. предполагается, что сильные взаимодействия T инвариантны. Для указанных жестких фотонов можно ожидать асимметрию порядка единицы.

Особый интерес представляет область энергий вблизи  $\rho$ -мезонного пика ( $E = 380$  Мэв), поскольку в этой области сечение процесса имеет пик. Это сечение достаточно велико, чтобы его можно было измерить на современном уровне экспериментальной техники, причем основная трудность видимо будет состоять в отождествлении событий.

Автор глубоко благодарен В.М.Галицкому, В.А.Сидорову, А.Н.Скринскому за обсуждение, Г.И.Будкеру за внимание к работе, а также Б.М.Понтекорво за ознакомление с работами Ли и сотрудников.



## Л и т е р а т у р а

1. J.Christenson, J.Cronin, V.Fitch, R.Turlay. Phys.Rev.Lett. 13, 138, 1964.
2. Л.Б.Окунь. ЯФ. 1, 938, 1965.
3. J.Prentky, M.Veltman. Phys.Lett. 15, 88, 1965.
4. J.Bernstein, G.Feinberg, T.D.Lee. Preprint.\*1965.
5. В.Л.Ауслендер, В.Н.Байер, Г.А.Блинов и др. Труды международной конференции по ускорителям, Дубна, 1963. Атомиздат. Москва. 1964. стр. 280.
6. В.Н.Байер, В.А.Хозе. ЖЭТФ, 48, 1708, 1965.

Ответственный за выпуск В.Н.Байер

Отпечатано на роталпринте Института ядер-  
ной физики СО АН СССР. Тираж 200 экз.