

Письма в ЖЭТФ, том 10, стр. 485–487

20 ноября 1969 г.

**О МАКРОСКОПИЧЕСКИХ ЭФФЕКТАХ НАРУШЕНИЯ ПРИЧИННОСТИ
ТЕОРИИ С ИНДЕФИНИТНОЙ МЕТРИКОЙ ЛИ И ВИКА**

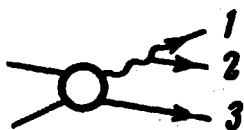
Б.В.Гешкенбейн, М.В.Терентьев

Недавно Ли и Вика была предложена формулировка теории поля, включающая состояния с индефинитной метрикой (см. 1). Цель введе-

ния indefinite метрики в [1], как обычно состояла в устранении расходимостей в теории поля. Авторы [1] предполагают и доказывают возможность этого в простой модели, что дополнительных трудностей, связанных с нарушением унитарности и причинности в такой теории не возникает, если предположить, что необычные состояния (с отрицательной нормой) являются нестабильными с шириной $\Gamma \sim 10-50 \text{ мэв}$.

Необычные состояния (в дальнейшем условимся называть их ЛВ-частицы) обязаны проявляться как комплексные полюса матрицы рассеяния, лежащие на физическом листе. Мы покажем, что существование таких полюсов при больших энергиях должно в принципе приводить к нарушению причинности на макроскопических масштабах.

Пусть процесс (1)



(1)

соответствует рождению ЛВ-частицы и ее последующему распаду на две частицы (1 и 2). Будем следить для определенности за частицей 1.

В системе покоя резонанса координата частицы 1 определяется формулой

$$R_0 = v_0(t - \tau_0),$$

где t_0 — момент регистрации, τ_0 — время жизни нестабильной частицы, v_0 — скорость частицы 1. В отличие от нормального Брейт — Вигнеровского резонанса, в рассматриваемом случае параметр $\tau_0 < 0$, что приводит к появлению непричинных эффектов. Однако, в модели Ли и Вика $|\tau_0| \sim \Gamma^{-1} 10^{-13} \text{ см}$ и поэтому макроскопического нарушения причинности не возникает.

Рассмотрим теперь распад быстро движущегося резонанса, возникшего в результате столкновения при большой энергии. Координата частицы 1 может быть получена в этом случае с помощью Лоренц-преобразования формулы (2). При этом оказывается:

$$R = ur + v(t - \tau), \quad (3)$$

где R, t положение первой частицы и момент ее регистрации в лабораторной системе ($t = 0$ соответствует моменту столкновения в реак-

ции (1), $R = 0$ — точка столкновения), u, v — скорости резонанса и частицы 1, $t = r / \sqrt{1 - u^2}$ — время жизни резонанса (ЛВ-частицы) в лабораторной системе. Более строгое обоснование формулы (3) получено в работе [2], где содержится пространственно-временное описание реакции (1) с помощью волновых пакетов.

Из-за роста $|r| \sim E/m\Gamma$ с ростом энергии в (3) при больших энергиях (E — энергия ЛВ-частицы) можно ожидать появления макроскопических эффектов нарушения причинности. Однако, если $u = v$ то, как следует из формулы (3), $R = vt$ и заметных непричинных эффектов не возникает. Поэтому интерес представляет случай, когда скорости u и v не совпадают. При больших энергиях это может осуществиться только если частица 1 имеет нулевую массу.

Рассмотрим, например, случай

$$u = -v, \quad |v| = c = 1$$

соответствующий распаду ЛВ-частицы с вылетом фотона или нейтрино против направления движения ЛВ-частицы. Из формулы (3) при этом следует:

$$r = t + 2|r|.$$

Таким образом, эффективная скорость ($v_{\text{эфф}} = 1 + 2|r|/t$) распространения сигнала между двумя событиями: столкновение и момент регистрации, — при больших энергиях может оказаться заметно больше скорости света. Например, при $\Gamma = 50 \text{ мэв}$, $m = 10 \text{ Гэв}$ и при энергии $E \sim 10^{23} \text{ эв}$ имеем $|r| \sim E/m\Gamma \sim \text{см}$ то-есть $|r|/t \sim 1$ при $t \sim 1 \text{ см}$.

Длина волны первой частицы при рассматриваемой кинематике распада равна $\lambda \sim E/m^2$, т. е. $\lambda/|r| \sim \Gamma/m \ll 1$. Это означает, что частица 1 может быть в принципе локализована с точностью, достаточной для обнаружения непричинных эффектов.

Нам кажется, что принципиальная возможность появления макроскопического нарушения причинности при больших энергиях является скорее аргументом против теории развиваемой Ли и Виком.

В заключение авторы выражают искреннюю благодарность Б.Л.Иоффе за многочисленные полезные обсуждения.

Поступила в редакцию
24 сентября 1969 г.

Литература

- [1] T.D.Lee, G.C.Wick. Nucl. Phys. B9, 209, 1969.
[2] М.В.Терентьев. ЯФ, 11, вып. 5, 1970.