

ФЕНОМИНОЛОГИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ K^0 -МЕЗОНОВ И НЕЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОСТЬ ЗАКОНА РАСПАДА

Л.А.Халфин

1. В известной феноменологической теории K^0 -мезонов (см. например, [1 – 3]) на основании самых общих положений квантовой теории, в предположении строгой экспоненциальности законов распада K_L - и K_S -мезонов, были получены соотношения унитарности и различные его следствия. На этих соотношениях унитарности и его следствиях основаны феноменологический анализ проблемы CP -инвариантности и различные тесты по проверке T - и CPT -инвариантности [1 – 3].

2. Оказывается, что соотношения унитарности и его следствия очень чувствительны к предположению о строгой экспоненциальности законов распада. Так можно показать, что если распределения масс K_L - и K_S -мезонов имеют полюса более высокого порядка чем первый, то из соответствующего соотношения унитарности автоматически следует:

$$\langle K_L(0) | K_S(0) \rangle = 0 \quad (1)$$

независимо от того сохраняется или нет CP -инвариантность. Этот результат оказывается общим.

3. Дальнейшее основано на следующем.

Лемма. Пусть $\omega(m)$ – неотрицательная, нормированная функция

$$\int_{-\infty}^{\infty} \omega(m) dm = 1 \quad (2)$$

с конечным первым моментом (средним значением \bar{m}):

$$\left| \int_{-\infty}^{\infty} m \omega(m) dm \right| = |\bar{m}| < \infty. \quad (3)$$

Тогда

$$\left. \frac{d|p(t)|^2}{dt} \right|_{t=0} = 0, \quad (4)$$

где

$$p(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \omega(m) e^{-imt} dm. \quad (5)$$

Доказательство. На основании (2) очевидно, что

$$p(0) = p^*(0) = 1. \quad (6)$$

Далее,

$$\frac{d|p(t)|^2}{dt} = p(t) \frac{dp^*(t)}{dt} + p^*(t) \frac{dp(t)}{dt} = i p(t) \int_{-\infty}^{\infty} m' \omega(m') e^{i m' t} dm' - i p^*(t) \int_{-\infty}^{\infty} m \omega(m) e^{-i m t} dm \quad (7)$$

и, учитывая (6), имеем

$$\left. \frac{d|p(t)|^2}{dt} \right|_{t=0} = i \int_{-\infty}^{\infty} m' \omega(m') dm' - i \int_{-\infty}^{\infty} m \omega(m) dm, \quad (8)$$

откуда на основании (3) получаем искомый результат.

4. Если считать закон сохранения энергии и импульса строго выполненным и в реакции рождения нестабильных частиц [4 – 7] и учесть принцип спектральности [8], то распределения масс $\omega(m)$ нестабильных частиц должны быть финитными:

$$\omega(m) = \begin{cases} 0 & \text{при } m < m_{min} > 0, m > m_{max} < \infty \\ \omega(m) & \text{при } m \in [m_{min}, m_{max}]. \end{cases} \quad (9)$$

Вспоминая теорему Фока – Крылова [9] и используя приведенную лемму, получаем следующее:

Теорема 1. Вероятность распада в единицу времени $dL(t)/dt$ при $t = 0$ нестабильной частицы с финитным распределением масс (9) равна нулю:

$$dL(0)/dt = 0 \quad (10)$$

независимо от конкретных значений m_{min}, m_{max} .

Следствие 1. Закон распада нестабильной частицы с финитным распределением масс (9) существенно не экспоненциален в окрестности $t = 0$.

Следствие 2. Закон распада $L(t)$ нестабильной частицы с финитным распределением масс (9) в окрестности $t = 0$ имеет разложение:

$$L(t) = 1 + \frac{t^2}{2!} \frac{d^2 L(0)}{dt^2} + \dots \quad (11)$$

На самом деле для справедливости теоремы и ее следствий не необходима финитность $\omega(m)$ (9) – достаточно существования конечного среднего значения массы \bar{m} .

5. Применяя к вектору состояния

$$|\Psi(t)\rangle = x p_L(t) |K_L(0)\rangle + y p_S(t) |K_S(0)\rangle, \quad (12)$$

где x, y – некоторые постоянные, обычную технику получения соот-

ношений унитарности [1 – 3], на основании приведенной теоремы 1 получаем новую теорему:

Теорема 2. Если K_L^- и K_S^- -мезоны имеют различные конечные средние значения масс и K^0 есть суперпозиция K_L^- и K_S^- -мезонов, то

$$\langle K_L(0) | K_S(0) \rangle = 0 \quad (13)$$

независимо от того сохраняется или нет CP -инвариантность.

Следствие 3. Обычные соотношения унитарности [1 – 3] не верны, если считать строго справедливым закон сохранения энергии и импульса и, следовательно, учесть неэкспоненциальность законов распада.

Следствие 4. Условие ортогональности (13) не связано непосредственно с проблемой CP -инвариантности.

6. Если применить обычные формулы феноменологической теории [1 – 3, 10], выведенные в предположении строгой экспоненциальности законов распада, совместно с (13), то придем к противоречиям, и в частности, при объяснении зарядовой асимметрии в распадах $K_L^- \rightarrow \pi^0 e^- \nu$ [11, 12]. Однако, видоизменив формулы феноменологической теории, учитывая с самого начала (10), (13), мы получим, как можно показать, непротиворечивые результаты, и, в частности, правильное описание экспериментов [11, 12]. Отметим, что решение проблемы распада $K_L^- \rightarrow 2\pi$, предложенное в [5, 13], согласовано с (13). Подробное изложение всех этих вопросов будет опубликовано.

Я благодарен Л.И.Липидусу за интересное обсуждение соотношений унитарности в обычной феноменологической теории K^0 -мезонов.

Ленинградское отделение
Математического института
им. В.А.Стеклова
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
19 мая 1968 г.
После переработки
27 мая 1968 г.

Литература

- [1] J. S. Bell, J. Steinberger. Lectures at Oxford International Conference on Elementary Particles, 1965.
- [2] M. Gourdin. Lectures at the III Tokyo Summer Institute, 1967.
- [3] Л.И.Липидус. Препринт ОИЯИ, 1968.
- [4] Л.А.Халфин. ДАН СССР, 165, 541, 1965.
- [5] Л.А.Халфин. Динамический фильтр масс и проблема $K_L^- \rightarrow 2\pi$ -распада. Доклад на сессии ОЯФ АН СССР, январь 1967.

- [6] Л.А.Халфин, ДАН СССР, 181, № 3, 1968.
- [7] Л.А.Халфин, Письма ЖЭТФ, 7, 341, 1968.
- [8] Л.А.Халфин, Квантовая теория распада физических систем. Диссертация, ФИАН, 1960.
- [9] Н.С.Крылов, В.А.Фок, ЖЭТФ, 17, 93, 1947.
- [10] Л.Б.Окунь, УФН, 89, 603, 1966.
- [11] D. Dorfman et al. Phys. Rev. Lett., 19, 987, 1967.
- [12] S. Bennet et al. Phys. Rev. Lett., 19, 993, 1967.
- [13] Л.А.Халфин, Письма ЖЭТФ, 3, 129, 1966.