

О ВОЗМОЖНОЙ СВЯЗИ K_2^0 -РАСПАДА И СТАТИСТИЧЕСКОЙ
НЕОБРАТИМОСТИ

Д. С. Чернавский

Данные о распаде K_2^0 - мезона на два пиона свидетельствуют об отсутствии CP -инвариантности и, следовательно, t -инвариантности в этом процессе [1].

Попытки объяснить этот результат без отказа от CP -инвариантности в целом основываются на предположении о наличии внешних полей, приводящих к тому, что K_1^0 и K_2^0 - частицы являются суперпозициями CP -четного и CP -нечетного состояний [2]. При этом наблюдаемый эффект оказывается пропорционален внешнему воздействию

(причем коэффициент пропорциональности не аномально велик) и поэтому последнее должно быть достаточно велико.

Мы хотели бы обратить внимание на возможность другого подхода. Необратимые во времени процессы обычны в макроскопической физике. Однако и в физике элементарных частиц известны модели и теории, в которых фигурируют диссипативные процессы. Наиболее развитая теория такого рода - статистически-гидродинамическая теория множественного образования частиц при соударении нуклонов высокой энергии - теория Ферми - Ландау. В этой теории в явном виде не обсуждается вопрос об отсутствии t -обратимости. Ясно, однако, что если имеется система взаимодействующих частиц или полей с большим числом степеней свободы, то к ней, вообще говоря, применима статистика. Принципиальные основы здесь те же, что и в макроскопической физике. Можно считать, например, что всегда имеется сколь угодно слабое внешнее воздействие, которое в силу сложности системы может вызвать сильный (экспоненциально растущий во времени) эффект [3]. При этом интенсивность внешнего воздействия умножается на очень большой фактор, экспоненциально растущий по мере роста сложности системы, т.е. роста плотности уровней, числа степеней свободы и т.п. [4].

Физической причиной такого "усиления" действия внешнего воздействия, происхождение которого становится практически несущественным, является неустойчивость регулярного движения в сложной системе относительно бесконечно малого внешнего возмущения [3].

Представляется вполне справедливым предположить, что распадающаяся частица - в данном случае K_2^0 - сама по себе является системой с большим числом степеней свободы и к ее развитию во времени применим статистический подход. Заметим, что в другой связи статистические соображения о внутренних свойствах странных частиц уже развивались ранее Саксом [5]. Конечно, дать количественную теорию, основанную на таком предположении, в настоящее время вряд ли возможно. Можно сделать лишь ряд замечаний.

Пусть в начальный момент времени (момент образования K_2^0 -мезона) состояние характеризуется вектором Φ , который можно представить в виде колонки Фока. Разобьем колонку Φ условно на две части Φ_1 и Φ_2 так, что в Φ_1 - числа заполнения малы, а в Φ_2 - велики ¹⁾. Для того чтобы применить к Φ_2 статистические соображения, необходимо, чтобы время установления стат-равновесия τ было мало, по сравнению со временем существования системы $\tau \approx 10^{-10} + 10^{-8}$ сек. Время установления стат-равновесия (пропорциональное времени развития неустойчивости) в случае сильного взаимодействия при высокой энергии, например в теории Ферми - Ландау, принимается равным $\tau = \hbar / m_{\pi} c^2 \gamma$, где γ - лоренц-фактор сталкивающихся нуклонов. При низкой энергии $\gamma \rightarrow 1$ и $\tau \approx 10^{-24}$ сек. Для установления статистического равновесия между лептоновыми степенями свободы необходимо, по-видимому, большее время. Можно ожидать, что оно больше в меру отношения сечений сильного и слабого взаимодействий ²⁾: $\tau_1 \approx \tau \sigma_{\text{сд}} / \sigma_{\text{леп}} \approx 10^{-17} \text{ сек} [2]$. Обе оценки приводят к временам, значительно меньшим времени существования τ , что свидетельствует о возможности применения статистического подхода.

После развития неустойчивости и термализации системы она уже не может описываться вектором состояния. Для ее описания необходимо использовать матрицу плотности ρ , которая в силу необратимости процесса ее образования не является собственной для CP-оператора. Вопрос о степени нарушения CP-инвариантности и о доле $K_2^0 \rightarrow 2\pi$ -распадов зависит от дальнейшей конкретизации схемы, которая допускает несколько вариантов.

Наиболее привлекательный из них, с нашей точки зрения, заключается в следующем. Пусть вклады Φ_1 и Φ_2 - одного порядка и Φ_2 соответствует лептонным степеням свободы. Тогда после термализации будет иметь место максимальное нарушение CP-инвариантности в лептонных распадах. В работе [6] было показано, что в этом случае доля ожидаемых $K_2^0 \rightarrow 2\pi$ -распадов по порядку величины согласуется с наблюдаемой. Предлагаемый вариант можно

рассматривать как дополнение к работе [6], в котором указываются возможные причины нарушения CP-инвариантности в лептонных распадах.

Следует, однако, подчеркнуть принципиальную разницу.

В работах [2, 6] предполагалось, что в момент распада K_2^0 -частица описывается вектором состояния, в котором есть примесь CP-четной части. В результате двухпионное состояние, полученное от распада K_2^0 -частицы, должно интерферировать с двухпионным состоянием из K_1^0 . В нашем случае такой интерференции может и не быть, поскольку распад на два пиона происходит не из чистого состояния. Во всяком случае она должна быть меньше, чем в случае, если оба распада происходят из чистого состояния.

В заключение следует сказать, что изложенные соображения широко обсуждались с Е.Л.Фейнбергом, М.И. Подгорецким, В.И.Огиевским, А.М. Молчановым, Д.А.Киржницем, И.М.Дреминим, И.И.Ройзенем и всем коллективом теоретического отдела ФИАН. Сделанные при этом замечания были очень полезны, за что автор приносит самую глубокую и искреннюю благодарность.

Физический институт
им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
19 мая 1965 г.

Литература

- [1] J.H.Christenson, J.W. Cronin, V.L. Fitch, R. Turlay. Phys. Rev. Lett., 13, 138, 1964.
- [2] I.Bernstein, N.Cabibbo, T.D.Lee, Phys.Lett.,12, 146,1964; I.Bell, I.Perring. Phys. Rev. Lett., 13, 348, 1964.
- [3] Н.С.Крылов. Работы по обоснованию статистической физики. Изд. АН СССР, 1950.
- [4] L.Van Hove. Physica, 21, 517, 1955; 23, 441, 1957; 25, 268, 1959.

- [5] R.G.Sachs. Phys.Rev., 84, 305-307 , 1951.
 [6] R.G.Sachs. Phys. Rev. Lett., 13, 286, 1964;
 М.В.Терентьев, препринт ИГЭФ, № 309, 1964.

-
- 1) Имеются в виду числа заполнения как сильно взаимодействующих частиц, так и лептонов.
- 2) Можно, например, по аналогии с [5], оценить его в следующей модели: Φ_0 является решением задачи о поведении многих лептонов в потенциальной яме, обусловленной самосогласованным полем. Размеры этой ямы обуславливаются как сильными, так и слабыми взаимодействиями, поэтому их можно принять $R \sim \hbar/m_\pi c$. Взаимодействие лептонов содержит короткодействующую часть, радиус которой порядка длины слабого взаимодействия $\ell \sim 10^{-17}$ см, а сечение $\sigma_{\text{леп}} \sim 10^{-34}$ см². Эти предположения представляют набор достаточных условий для развития неустойчивости и возникновения необратимых во времени процессов. Время релаксации при этом совпадает с τ_1 , приведенным в тексте.