

ЛИТЕРАТУРА

1. Дремин И. М. — Письма ЖЭТФ, 1979, т. 30, с. 152; ЯФ, 1981, т. 33, с. 1357.
2. Тамм И. Е. — J. Phys. USSR, 1939, v. 1, p. 439.
3. Frautschi S., Krzywicki A. — Zs. Phys., 1979, Bd. 1, Nr. 1.
4. Дремин И. М. — Письма ЖЭТФ, 1981, т. 34, с. 617.

539.125.4

Л. А. Халфин. Нестабильность протона и неэкспоненциальность закона распада. 1. Известное предположение¹ (см., также²) о нарушении закона сохранения барионного числа нашло истолкование в современной теории великого объединения (ТВО) (см., например,³). Это нарушение приводит к новым физическим эффектам — неустойчивости протона и нейтрон-антинейтронным осцилляциям, — которые в докладе обсуждаются с точки зрения квантовой теории распада. Уникальные параметры неустойчивого протона и нейтрон-антинейтронных суперпозиций дают возможность исследовать тонкие эффекты квантовой теории распада^{4, 5}. Под уникальными параметрами имеется в виду аномально большое время жизни протона $T_p \approx 10^{30} - 10^{33}$ лет по сравнению с временем после Big Bang ($\approx 10^{10}$ лет) и аномально малую разность масс Δm нейтрон-антинейтронных суперпозиций по сравнению с шириной распределения масс нейтрона Γ_n , $\Gamma_n/\Delta m \approx 10^3$ (см., например,^{3, 6}).

2. Экспоненциальный член в законе распада определяется полюсным членом в распределении масс $\omega_p(m)$ неустойчивой частицы (протона):

$$\omega_p(m) = \omega_p(m) [(m - M_p)^2 + \Gamma_p^2]^{-1} \quad (1)$$

и не зависит^{4, 7} от неполюсной (аналитической) функции приготовления $\varphi_p(m)$. С другой стороны, неэкспоненциальные члены в законе распада, нарушающие однородность распада во времени, существенно зависят^{4, 5} от «функции приготовления» $\varphi_p(m)$ и, следовательно, от истории происхождения (рождения) неустойчивой частицы. В 1968 г. в работе автора⁸ было доказано, что если существует конечное среднее значение массы \bar{m} , то

$$\frac{dz}{dt} \Big|_{t=0} = 0^*),$$

а не $2\Gamma_p$, где $L(t) = |p(t)|^2$, а $p(t)$ — амплитуда распада, которая на основании теоремы Фока — Крылова⁹ связана с $\omega_p(m)$ преобразованием Фурье. Из этого результата следует, что неустойчивые частицы в начальный момент времени $t = 0$ стабильны и закон распада в окрестности $t \approx 0$ существенно неэкспоненциальный. Оценка интервала неэкспоненциальности $[0, t_{ne}]$ зависит от детальных свойств распределения масс $\omega_p(m)$ неустойчивой частицы. Современная теория (ТВО) и дает лишь информацию о полюсном члене в $\omega_p(m)$ и поэтому можно дать лишь общие оценки для t_{ne} , используя дополнительные сведения о математической структуре $p(t)$. Такие оценки, приводимые в докладе, основаны на том, что $p(t)$ есть характеристическая функция с точки зрения теории вероятностей¹⁰ и, что $p(t)$ есть граничное значение функции, аналитической в полуплоскости комплексных t ⁴. Одна из оценок следует из дисперсионного правила сумм в квантовой теории распада⁴:

$$\bar{m} \geq -\frac{1}{\pi} \int_0^\infty \frac{\ln L(t)}{t^2} dt. \quad (2)$$

Исследование этих оценок показывает, что интервал неэкспоненциальности существенно зависит от среднего значения массы \bar{m} и дисперсии σ^2 распределения масс, т. е. существенно зависит от неполюсной структуры $\omega_p(m)$. В силу аномальной «молодости» протона в наше время $t_{\text{сег}} \approx (10^{-26} - 10^{-23}) T_p$ возможно, что закон распада протона в наши дни неэкспоненциальный. Оценки, в частности, основанные на (2), подтверждают допустимость такого предположения. Это предположение может иметь фундаментальное значение для интерпретации результатов «экспериментов века»¹² по поиску распада протонов. Обнаружение неэкспоненциального закона распада протона может дать уникальную возможность определения «функции приготовления», т. е. истории происхождения протона, что абсолютно невозможно, если использовать лишь экспоненциальный член в законе распада. Обсуждается принципиальная возможность решения обратной задачи барионохронологии для получения информации о сверхдлинном периоде Вселенной.

*) Этот результат переоткрывался во многих работах, вплоть до недавних публикаций.

3. Обычная теория нейтрон-антинейтронных осцилляций основана на использовании приближения Вайскопфа — Вигнера (ВВ) ¹³. Существенно, что в этом приближении зависимость от времени осцилляционного члена не чувствует нарушения или сохранения CP -инвариантности взаимодействием, ответственным за нарушения закона сохранения барионного числа. В недавней работе автора ¹⁴ показано, что вне приближения ВВ в рамках CP -неинвариантной теории возникают качественно новые эффекты нарушения CP -инвариантности. В частности, на основании ¹⁴ можно показать, что временная зависимость осцилляционного члена вне приближения ВВ чувствует нарушение CP -инвариантности. Хотя указанный эффект в общем случае мал, в силу аномально большой величины $\Gamma_n/\Delta m \approx 10^3$ он может быть усилен. Предсказываемая возможность в одном эксперименте (нейтрон-антинейтронные осцилляции) исследовать как нарушение закона сохранения барионного числа, так и нарушения CP -инвариантности, кажется важной поскольку оба этих эффекта необходимы в попытках объяснить ^{1, 2} барион-антибарионную асимметрию Вселенной.

Результаты доклада опубликованы в ¹⁵.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сахаров А. Д.— Письма ЖЭТФ, 1967, т. 5, с. 32.
2. Кузьмин В. А.— Ibid, 1970, т. 13, с. 133.
3. Окунь Л. Б.— УФН, 1981, т. 134, с. 3.
4. Халфин Л. А.— ДАН СССР, 1957, т. 115, с. 227; ЖЭТФ, 1958, т. 33, с. 137; Квантовая теория распада физических систем: Автореферат кандидатской диссертации.— М.: ФИАН СССР; Исследования по квантовой теории нестабильных частиц: Автореферат докт. диссертации.— Дубна, ОИЯИ, 1973.
5. Fonda L., Chirardi G. C., Rimini A.— Rept. Progr. Phys., 1978, v. 41, p. 587.
6. Chetyrkin K. G., Kazarnovsky M. V., Kuzmin V. A., Shaposhnikov M. F., CERN Preprint TH, 3009.—1980.
7. Халфин Л. А.— ДАН СССР, 1961, т. 141, № 3.
8. Халфин Л. А.— Письма ЖЭТФ, 1968, т. 8, с. 106.
9. Крылов Н. С., Фок В. А.— ЖЭТФ, 1947, т. 17, с. 93.
10. Lukach E.— Characteristic Functions.— Lnd., 1970.
11. Халфин Л. А.— ДАН СССР, 1960, т. 132, с. 1051.
12. Goldhaber M., Langacker P., Slansky R.— Science, 1980, v. 202, N 4472, p. 851.
13. Weisskopf V. F., Wigner E. P.— Zs. Phys., 1930, Bd. 63, S. 54; Bd. 65, S. 18.
14. Халфин Л. А.— Препринт ЛОМИ Р-4-80.— Ленинград, 1980.
15. Khalfin L. A.— Preprint LOMI E-12-81.— Leningrad, 1981.