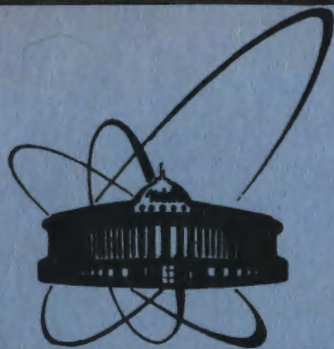


120/III-84



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

1366/84

P2-83-833

Г.В.Ефимов, Е.А.Ноговицын

К ВОПРОСУ О РАСПАДЕ ПРОТОНА  
В SU(5)-СХЕМЕ ВЕЛИКОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ

Направлено в "Письма в ЖЭТФ"

1983

Существующие теоретические предсказания для времени жизни протона в SU(5)-модели великого объединения /1/ находятся в довольно широком численном интервале. Это связано с двумя причинами. Во-первых, с тем, что время жизни протона  $\tau_p \sim M_X^4$  ( $M_X$  - масса тяжелого X-бозона), а значение  $M_X$  точно не определено. Вторая неопределенность связана с модельными подходами или использованием различных приближений при описании взаимодействия адронов с кварками.

В настоящей работе вычисляются ширины распадов протона  $p \rightarrow \pi^0 \ell^+, \eta^0 \ell^+, \rho^0 \ell^+, \omega^0 \ell^+, K^0 \mu^+$  в SU(5)-схеме великого объединения с использованием виртон-кварковой /ВК/ модели /2/. Эта модель является последовательной квантовополевой схемой, которая полностью определяется видом лагранжиана взаимодействия и пропагатором виртон-кварка. В рамках модели успешно описан широкий круг явлений физики элементарных частиц.

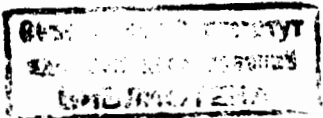
При вычислении ширин распадов протона использовался эффективный четырехфермионный лагранжиан SU(5)-модели

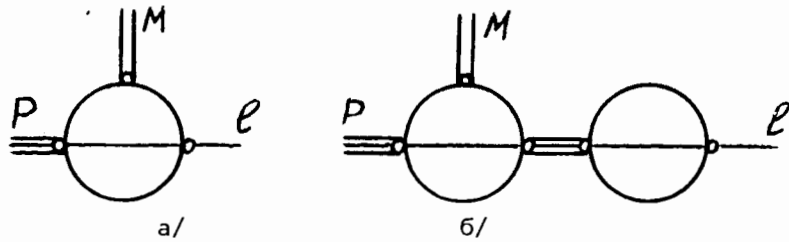
$$\mathcal{L}_{\text{OUT}} = 2\sqrt{2} G \{ \epsilon_{ijk} (\bar{u}_{iL}^C u_{jL}) (2\bar{e}_L^+ \gamma_\mu d_{iL} + \bar{e}_R^+ \gamma_\mu d_{iR} + \mu_L^+ \gamma_\mu s_{iL} + \mu_R^+ \gamma_\mu s_{iR}) \}.$$

Здесь  $G/\sqrt{2} = g_{\text{OUT}}^2/8M_X^2$ ,  $a_{\text{OUT}} = g_{\text{OUT}}^2/4\pi = 0,024$ ,  $i, j, k$  - цветовые индексы,  $C$  - индекс зарядового сопряжения,  $L$  и  $R$  обозначают соответственно левые и правые фермионные поля.

Адроны в нашем подходе рассматриваются как элементарные частицы и описываются стандартными квантованными полями, удовлетворяющими обычным уравнениям Дирака и Клейна-Гордона. Однако адронные поля взаимодействуют друг с другом не непосредственно, а через промежуточное виртон-кварковое поле /2/:

$$\begin{aligned} \mathcal{L}_A = & \frac{i\hbar}{\sqrt{2}} \pi^0 (\bar{u} \gamma_5 u - \bar{d} \gamma_5 d) + \frac{\hbar}{\sqrt{2}} \rho_\mu^0 (\bar{u} \gamma_\mu u - \bar{d} \gamma_\mu d) + \\ & + \frac{i\hbar}{\sqrt{6}} \eta^0 (\bar{u} \gamma_5 u + \bar{d} \gamma_5 d - 2\bar{s} \gamma_5 s) + i\hbar K^0 (\bar{s} \gamma_5 d) + \\ & + i\hbar \bar{K}^0 (\bar{d} \gamma_5 s) + \frac{\hbar}{\sqrt{2}} \omega_\mu^0 (\bar{u} \gamma_\mu u + \bar{d} \gamma_\mu d) + \\ & + ig \{ (\bar{P} u_j) (\bar{u}_j^C \gamma_5 d_k) - (\bar{P} u_i) (\bar{d}_j^C \gamma_5 u_k) \} \epsilon_{kji}. \end{aligned}$$





Константы  $h$  и  $g$  определялись из условия связности<sup>/2/</sup> и численно равны  $\lambda_h = h^2 / (4\pi)^2 = 0,13$ ;  $\lambda_g = 1/2 (g/L^2)^2 (2/3\pi)^4 = 0,017$ . Пропагатор виртона-кварка имеет вид

$$G(\hat{p}) = L \exp\left[\xi \frac{L}{2} \hat{p} + \frac{L^2}{4} p^2\right].$$

здесь  $L = 1/320$  МэВ и  $\xi = 1,4$  - параметры модели, зафиксированные ранее.

Распад протона определяется двумя диаграммами, показанными на рисунке. Оказалось, что основной вклад в матричные элементы распадов дает диаграмма а.

Вычисленные нами численные значения для ширин распадов приведены в таблице. Интересно отметить, что ширина моды  $p \rightarrow K^0 \mu^+$  сравнима с шириной  $p \rightarrow \pi^0 e^+$  и в пределах ошибки наших вычислений  $\sim 30\%$  может даже превышать ее.

Для распада  $p \rightarrow \pi^0 e^+$  наш результат совпадает с результатом<sup>/3/</sup>, но значительно отличается от результата, полученного в<sup>/4/</sup>

$$(\tau(p \rightarrow \pi^0 e^+) = 5,3 \times 10^{28} \text{ лет при } M_X = 2 \times 10^{14} \text{ ГэВ}).$$

Для более детального сравнения нашего результата с результатом<sup>/4/</sup> мы вычислили ширину распада  $p \rightarrow \pi^0 e^+$  методом однополюсной аппроксимации и методом РСАС, которые изложены в<sup>/4/</sup>. В этом случае наши результаты совпадают. Для константы  $\lambda$ , через которую выражается матричный элемент перехода протона в три кварка, нами получено значение  $\lambda \approx 0,02 \text{ ГэВ}^3$ , в пределах ошибки совпадающее со значением  $\lambda$ , используемым в<sup>/4/</sup> и вычисленным в<sup>/5/</sup>.

Таблица

Ширина распада / $10^{-31}$ лет <sup>-1</sup> /				
$M_X = 2 \times 10^{14}$ ГэВ				
$\alpha_{\text{OUT}} = 0,24$				
$p \rightarrow \pi^0 e^+$	$p \rightarrow K^0 \mu^+$	$p \rightarrow \rho^0 e^+$	$p \rightarrow \omega^0 e^+$	$p \rightarrow \eta^0 e^+$
0,25	0,18	0,05	0,15	0,12

Ссылаясь на совпадение значений  $\lambda$ , а также на то, что диаграммам низших порядков в ВК-модели удалось успешно описать широкий круг явлений физики адронов, мы считаем, что приближение однополюсной аппроксимации и РСАС являются не совсем удачными для рассматриваемого процесса. По всей видимости, они не позволяют правильно оценить амплитуду при больших импульсах мезона.

В заключение авторы выражают благодарность М.А.Иванову, А.В.Радюшкину, В.А.Нестеренко и А.Д.Рябцеву за полезные обсуждения и помощь в работе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Georgi H., Glashow S.L. Phys.Rev.Lett., 1974, 32, p. 438. Langacer J. Phys.Rep., 1981, 72C, p. 187.
2. Ефимов Г.В., Иванов М.А. ЭЧАЯ, 1981, т. 12, с. 1220. Динейхан М., Ефимов Г.В., Лобанов Ю.Ю. ЯФ, 1981, т. 33/1/, с. 241.
3. Mitra A.N., Ramanatham R. Phys.Lett., 1983, 128B, p. 381.
4. Berezinsky V., Ioffe B., Kogan Ya. Phys.Lett., 1981, 105B, p. 33.
5. Ioffe B. Nucl.Phys., 1981, 188B (2), p. 317.

Рукопись поступила в издательский отдел  
13 декабря 1983 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Д1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
Р18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
Д2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	4 р. 30 к.
Д3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
Д2,4-83-179	Труды XV Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Дубна, 1982.	4 р. 80 к.
	Труды УШ Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Протвино, 1982 /2 тома/	11 р. 40 к.
Д11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
Д7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
Д2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79  
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Ефимов Г.В., Ноговицын Е.А. P2-83-833  
К вопросу о распаде протона в SU(5)-схеме великого объединения

В SU(5)-модели великого объединения вычислены ширины распадов протона  $p \rightarrow \pi^0 l^+, \rho^0 l^+, \omega^0 l^+, \eta^0 l^+, K^0 \mu^+$  с использованием виртон-кварковой модели. Получена оценка на время жизни протона  $\tau_p \approx 10^{31}$  лет при массе X-бозона  $M_X = 2 \times 10^{14}$  ГэВ.

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Efimov G.V., Nogovitsin E.A. P2-83-833  
On the Proton Decay in SU(5) Model of Grand Unification

The widths of proton decays  $p \rightarrow \pi^0 l^+, \rho^0 l^+, \omega^0 l^+, \eta^0 l^+, K^0 \mu^+$  are calculated in SU(5) model of grand unification with the help of the virton - quark model. The proton lifetime  $\tau_p \approx 10^{31}$  year corresponding to the mass of X-boson  $M_X = 2 \times 10^{14}$  GeV is obtained.

The investigation has been performed at the Laboratory of Theoretical Physics, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой.