

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

4593/82

24/9-82

P2-82-484

М.В.Чижов

$E_6$  -ИНВАРИАНТНЫЙ  
ЭФФЕКТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ХИГГСА

Направлено в журнал "Письма в ЖЭТФ"

1982

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Основной трудностью при изучении спонтанного нарушения симметрии объединенных моделей и получении спектра масс является конкретизация вида лагранжиана хиггсовских полей. Возникающие проблемы связаны как с выбором представлений, по которым преобразуются мультиплеты хиггсовских полей, так и с установлением связи между различными константами, входящими в лагранжиан Хиггса. Эти связи, как известно, играют решающую роль в определении когерентной схемы понижения исходной симметрии.

Метод, предложенный в работе /1/, позволяет одновременно получать и хиггсовские, и калибровочные поля как коллективные возбуждения фундаментального спинорного поля. Замечательно, что при этом взаимодействия всех полей описываются одной независимой константой связи.

## 2. НОРМИРОВКА ВОЛНОВЫХ ФУНКЦИЙ КОЛЛЕКТИВНЫХ ПОЛЕЙ

Мы будем пользоваться тензорным формализмом для описания неприводимых представлений группы  $E_6^{-1/2}$ . Пусть  $\Psi_\mu$  - киральное спинорное поле, реализующее фундаментальное представление 27 данной группы. Тогда коллективные /псевдо/ скалярные поля

$$\Phi^\mu = \frac{g_0}{2m_0^2} d^{\mu\nu\lambda} \bar{\Psi}_\nu \sigma_2 \bar{\Psi}_\lambda, \quad /2.1/$$

$$S^{\mu\nu} = \frac{h_0}{2M_0^2} \Psi^\mu \sigma_2 \Psi^\nu, \quad /2.2/$$

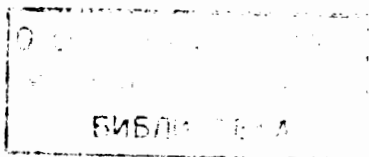
порожденные билинейными комбинациями спинорных полей, преобразуются по симметричным неприводимым представлениям 27<sub>S</sub> и 351<sub>S</sub>, содержащимся в произведении /3/

$$\underline{27} \times \underline{27} = \underline{27}^*_S + \underline{351}_S + \underline{351}'_A. \quad /2.3/$$

Здесь  $d^{\mu\nu\lambda}$  - полностью симметричный инвариантный тензор третьего ранга, а поле  $S_{\mu\nu}$  удовлетворяет условию

$$S_{\mu\nu} d^{\mu\nu\lambda} = 0. \quad /2.4/$$

Инвариантный лагранжиан, включающий взаимодействие /псевдо/ скалярных и спинорных полей и приводящий к уравнениям /2.1/ и /2.2/, имеет вид



$$\mathcal{L} = \frac{1}{2} \{ \bar{\Psi}_\mu, i \not{\partial} \Psi^\mu \} + m_0^2 \bar{\Phi}_\mu \Phi^\mu + M_0^2 \bar{S}_{\mu\nu} S^{\mu\nu} -$$

$$- \frac{1}{2} (g_0 \Psi^\mu \sigma_2 \Psi^\nu \cdot d_{\mu\nu\lambda} \cdot \Phi^\lambda + h_0 \Psi^\mu \sigma_2 \Psi^\nu \bar{S}_{\mu\nu} + \text{h.c.}). \quad /2.5/$$

Обратим внимание на отсутствие кинетических членов и членов с самодействием полей  $\Phi^\lambda$  и  $S^{\mu\nu}$  в затравочном лагранжиане /2.5/. Это дает возможность получить уравнения связи /2.1/ и /2.2/ и интерпретировать поля  $\Phi^\lambda$  и  $S^{\mu\nu}$  как коллективные.

Производящий функционал  $Z$  для коллективных полей после интегрирования по спинорным полям получается в виде

$$Z[J^\mu, R^{\mu\nu}] = \int D\bar{\Phi}_\mu D\Phi^\mu D\bar{S}_{\mu\nu} DS^{\mu\nu} \exp\{iS[\Phi^\mu, S^{\mu\nu}] +$$

$$+ i(\bar{\Phi}_\mu J^\mu + \bar{S}_{\mu\nu} R^{\mu\nu} + \text{h.c.})\}, \quad /2.6/$$

где

$$S[\Phi^\mu, S^{\mu\nu}] = \int d^4x [m_0^2 \bar{\Phi}_\mu \Phi^\mu + M_0^2 \bar{S}_{\mu\nu} S^{\mu\nu} - \frac{1}{2} \text{Sp} \ln (iG_{\mu\mu}^{-1})], \quad /2.7/$$

$$G_{\mu\nu}^{-1}(p) = \begin{pmatrix} -g_0 \sigma_2 d_{\mu\nu\lambda} \Phi^\lambda & -h_0 \sigma_2 \bar{S}_{\mu\nu} & p^\tau \delta_\mu^\nu \\ p \delta_{\mu\nu} & -g_0 \sigma_2 d^{\mu\nu\lambda} \Phi_\lambda & -h_0 \sigma_2 S^{\mu\nu} \end{pmatrix} \quad /2.8/$$

В низшем порядке теории возмущений по среднему полю роль производящего функционала  $\Gamma$  для сильносвязанных функций Грина играет функционал  $S[\Phi^\mu, S^{\mu\nu}]$ . Поэтому, взяв вторые вариационные производные от действия  $S$ , мы получим обратные пропагаторы для коллективных полей в низшем порядке теории возмущений. Это приводит к появлению кинетических членов в эффективном лагранжиане

$$\mathcal{L}_0 = 5g_0^2 f(\epsilon) \partial_n \bar{\Phi}_\mu \partial^n \Phi^\mu + \frac{1}{2} h_0^2 f(\epsilon) \partial_n \bar{S}_{\mu\nu} \partial^n S^{\mu\nu}, \quad /2.9/$$

где  $f(\epsilon) = \text{Reg} \left[ -\frac{1}{\epsilon} \int \frac{d^4 p}{(2\pi)^4} \right]$  - конечная безразмерная кон-

станта, возникающая при регуляризации логарифмически расходящегося интеграла. Определяя константы перенормировки полей  $\Phi_\mu$  и  $S_{\mu\nu}$

$$Z_\Phi^{-1} = 5g_0^2 f(\epsilon), \quad /2.10a/$$

$$Z_S^{-1} = \frac{1}{2} h_0^2 f(\epsilon) \quad /2.10b/$$

и перенормированные константы связи

$$g^2 = Z_\Phi g_0^2, \quad /2.11a/$$

$$h^2 = Z_S h_0^2, \quad /2.11b/$$

находим соотношение между  $g$  и  $h$ :

$$10g^2 = h^2. \quad /2.12/$$

### 3. ЭФФЕКТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ХИГГСОВСКИХ ЧАСТИЦ В НИЗШЕМ ПОРЯДКЕ ТЕОРИИ ВОЗМУЩЕНИЙ

Высшие вариационные производные по коллективным полям от действия  $S$  определяют вершинные части в низшем порядке теории возмущений. Используя соотношение нормировки волновых функций /2.10/ и /2.12/, можно получить перенормированный потенциал хиггсовских полей в виде

$$V_{\text{эфф}}[\Phi^\mu, S^{\mu\nu}] = -m^2 \bar{\Phi}_\mu \Phi^\mu - M^2 \bar{S}_{\mu\nu} S^{\mu\nu} +$$

$$+ \frac{g^2}{10} [d^{\mu\nu\lambda} \bar{\Phi}_\nu + \sqrt{10} S^{\mu\lambda}] \cdot [d_{\lambda\sigma\tau} \Phi^\sigma + \sqrt{10} \bar{S}_{\lambda\tau}] \times$$

$$\times [d^{\kappa\eta\lambda} \bar{\Phi}_\kappa + \sqrt{10} S^{\eta\lambda}] \cdot [d_{\eta\mu\rho} \Phi^\rho + \sqrt{10} \bar{S}_{\eta\mu}]. \quad /3.1/$$

Все нетривиальные взаимодействия в /3.1/ определяются одной безразмерной константой  $g^2$ , а размерные параметры  $m^2$  и  $M^2$  задают масштабы нарушения симметрии. Абсолютный минимум потенциала /3.1/ зависит от отношения констант  $m^2$  и  $M^2$  и может быть вычислен точно. Физически интересный случай реалистического нарушения симметрии и возникающий спектр масс будет рассмотрен в другой работе.

Автор выражает искреннюю признательность А.Д.Донкову, В.Г.Кадышевскому и М.Д.Матееву за интерес к работе и полезные обсуждения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Chizhov M.V. Phys.Lett., 1981, 104B, p. 449.
2. Kephart T.W., Vaughn M. Northeastern/Chapel Hill Preprint NUB 2526/IFP 160-UNC, 1981.
3. Чижов М.В. ОИЯИ, P2-81-718, Дубна, 1981.

Рукопись поступила в издательский отдел  
24 июня 1982 года.

## НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

D13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
D17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
D6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
D3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
D13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
D1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
D1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.

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

Чижов М.В.  $E_8$ -инвариантный эффективный потенциал Хиггса P2-82-484

С помощью метода разложения по среднему полю найден эффективный потенциал хиггсовских частиц для модели большого объединения с  $E_8$ -симметрией.

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Chizhov M.V. An Effective Higgs Potential with  $E_8$ -Symmetry P2-82-484

Using the mean field approximation method an effective potential of Higgs particles is found for the Grand Unification model with  $E_8$ -symmetry.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1982

Перевод автора.

### НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

Д13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
Д17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
Д6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
Д3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 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.

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

Чижов М.В.  $E_8$ -инвариантный эффективный потенциал Хиггса P2-82-484

С помощью метода разложения по среднему полю найден эффективный потенциал хиггсовских частиц для модели большого объединения с  $E_8$ -симметрией.

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Chizhov M.V. An Effective Higgs Potential with  $E_8$ -Symmetry P2-82-484

Using the mean field approximation method an effective potential of Higgs particles is found for the Grand Unification model with  $E_8$ -symmetry.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод автора.