

TƯƠNG TÁC CỦA Z_N VỚI HAI VÔ HƯỚNG TRONG MÔ HÌNH 3-3-1-1

• Trịnh Thị Hồng^(*), Lê Thị Tuyết Dung^(**)

Tóm tắt

Sự thống nhất Z_N sẽ trộn với các boson chuẩn của đối xứng 3-3-1 và tham gia vào các quá trình điện yếu như chúng ta đã biết. Sự tồn tại của Z_N gắn với các đóng góp nhỏ và có thể cho giải thích những sai lệch của mô hình chuẩn. Như một ví dụ quan trọng, sự đóng góp của Z_N đối với các quá trình sinh và vỡ Higgs ở LHC (Large Hadron Collider) gần đây có thể cho giải thích các dị thường về các đại lượng đo lường Higgs. Bản thân Z_N là một kênh khám phá cho vật lý mới ở LHC. Mô hình 3-3-1-1 cung cấp một cơ chế Higgs mới và có thể cũng góp phần cho giải thích về tự nhiên của Higgs, đồng thời dự đoán các hạt Higgs mới trong đó có cả vật chất tối. Chúng tôi khảo sát tương tác của Z_N với các hạt vô hướng của mô hình 3-3-1-1.

Từ khóa: Mô hình chuẩn, boson Z_N , mô hình 3-3-1-1, Higgs.

1. Đặt vấn đề

Mô hình chuẩn [2], [6] với hai phần cơ sở là lý thuyết điện yếu EW (Electroweak) hay GWS (Glashow - Weinberg - Salam) và sắc động lực lượng tử QCD (Quantum Chromo Dynamics) dựa trên nhóm đối xứng chuẩn $SU(3)_C \times SU(2)_L \times U(1)_Y$ là nền tảng của vật lý hạt cơ bản ngày nay.

Mô hình chuẩn và lý thuyết tương đối rộng là hai trụ cột của vật lý hiện đại, cho giải thích nhiều vấn đề của tự nhiên từ vật lý hạt cơ bản đến vũ trụ học. Tuy nhiên vẫn còn đó những hạn chế mà mô hình chuẩn không thể giải thích hết được các kết quả mà thực nghiệm quan sát được bởi những máy gia tốc năng lượng cao. Ví dụ như Higgs đã được LHC tìm thấy [5], [6], tuy nhiên các dị thường vỡ Higgs khẳng định nó có thể thuộc về một vật lý mới. Tự nhiên của Higgs là gì? Cái gì làm cho khối lượng Higgs bền dưới các hiệu ứng lượng tử? Hay vấn đề CP mạnh: Lagrangian QCD tự nhiên chứa một số hạng vi phạm CP và cường độ vi phạm là bất kỳ. Thực nghiệm cho thấy số hạng này nên triệt tiêu hoặc vô cùng nhỏ... Với tất cả những vấn đề trên chúng ta nhất thiết phải mở rộng mô hình chuẩn nhằm giải quyết chúng hoặc ít nhất một phần về chúng. Một số hướng mở rộng chính của mô hình chuẩn là: siêu đối xứng [6], lý thuyết thêm chiều [11], và thống nhất lớn [2]. Tuy nhiên, những mở rộng đó không thể giải thích được tại sao chỉ có ba thế hệ fermion quan sát thấy trong tự nhiên một cách triệt để. Một mở rộng khác rất tự nhiên cho giải quyết vấn đề số thế hệ là mô

hình 3-3-1 [4], [9]. Mô hình 3-3-1 cũng cho giải thích tự nhiên về sự nặng bất thường của quark top, khối lượng neutrino, vấn đề CP mạnh, và sự lượng tử hoá điện tích. Tuy nhiên, để giải quyết vấn đề vật chất tối một trong những khó khăn đối với mô hình 3-3-1 là phải có một cơ chế bền cho chúng [8], [10], [12]. Vấn đề này được giải quyết gần đây bằng cách mở rộng mô hình 3-3-1 thành mô hình 3-3-1-1 với nhóm đối xứng chuẩn thêm $U(1)_N$ [7]. Một hệ quả quan trọng của mô hình 3-3-1-1 là nó thống nhất tương tác B_L với tương tác điện yếu của mô hình chuẩn như bộ phận không thể tách rời (tương tự lý thuyết điện yếu thống nhất tương tác yếu với điện từ). Lý thuyết đó dự đoán sự tồn tại của tương tác thứ 5, sau tương tác mạnh, yếu, điện từ, và hấp dẫn của lý thuyết tương đối tổng quát, gắn với tích chuẩn B_L thông qua hạt tải lực Z_N . Do sự thống nhất, Z_N sẽ trộn với các boson chuẩn của đối xứng 3-3-1 và tham gia vào các quá trình điện yếu đã biết. Một cách tương tự các fermion thông thường có tích B_L dễ tương tác với Z_N . Như vậy, sự tồn tại của Z_N gắn với các đóng góp nhỏ và có thể cho giải thích những sai lệch của mô hình chuẩn. Như một ví dụ quan trọng, sự đóng góp của Z_N (cùng với các boson chuẩn mới khác) đối với các quá trình sinh và vỡ Higgs ở LHC gần đây có thể cho giải thích các dị thường về các đại lượng đo lường Higgs. Bản thân Z_N là một kênh khám phá cho vật lý mới ở LHC. Mô hình 3-3-1-1 [5] cung cấp một cơ chế Higgs mới và có thể cũng góp phần cho giải thích về tự nhiên của Higgs, đồng thời dự đoán các hạt Higgs mới trong đó có cả vật chất tối. Vì vậy, trong bài báo này tác giả đề xuất vấn đề tìm các tương tác của boson chuẩn

^(*) Nghiên cứu sinh, Trường Đại học Sư phạm Hà Nội 2.

^(**) Trường Trung học phổ thông Nguyễn Văn Thịn, Gò Công, Tiền Giang.

với các vô hướng trong mô hình 3-3-1-1. Đặc biệt chú ý đến tương tác của Z_N với các hạt vô hướng của mô hình trong đó có Higgs của mô hình chuẩn.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Mô hình 3-3-1-1

Để khôi phục tính đóng kín đại số, người ta đưa vào hai thừa số Abelian mới mở rộng nhóm chuẩn như sau: $SU(3) \times SU(3)_L \times U(1)_X \times U(1)_N$ gọi là nhóm đối xứng 3-3-1-1 [5]. Sau khi phá vỡ đối xứng 3-3-1-1 bởi các tam tuyến vô hướng tương tự như trong mô hình 3-3-1 thì Q và B - L là những tích được bảo toàn.

Các fermion trong mô hình biến đổi dưới đối xứng chuẩn 3-3-1-1 như sau:

$$\Psi_{aL} = \begin{pmatrix} \nu_{aL} \\ e_{aL} \\ (N_{aR})^C \end{pmatrix} \sim \left(1, 3, -\frac{1}{3}, -2/3\right) \quad (01)$$

$$\nu_{aR} \sim (1, 1, 0, -1), e_{aR} \sim (1, 1, -1, -1), \quad (02)$$

$$Q_{aL} = \begin{pmatrix} d_{aL} \\ -u_{aL} \\ D_{aL} \end{pmatrix} \sim (3, 3^*, 0, 0), Q_{3L} = \begin{pmatrix} u_{3L} \\ d_{3L} \\ U_L \end{pmatrix} \sim (3, 3, 1/3, 2/3) \quad (03)$$

$$u_{aR} \sim (3, 1, 2/3, 1/3), d_{aR} \sim (3, 1, -1/3, 1/3), \\ U_R \sim (3, 1, 2/3, 4/3), D_{aR} \sim (3, 1, -1/3, -2/3) \quad (04)$$

Để phá vỡ đối xứng chuẩn và sinh khối lượng một cách chính xác, mô hình 3-3-1-1 cần những đa tuyến vô hướng sau đây [5]:

$$\rho = \begin{pmatrix} \rho_1^+ \\ \rho_2^0 \\ \rho_3^+ \end{pmatrix} \sim (1, 3, 2/3, 1/3), \quad (05)$$

$$\eta = \begin{pmatrix} \eta_1^0 \\ \eta_2^- \\ \eta_3^0 \end{pmatrix} \sim (1, 3, -1/3, 1/3), \quad (06)$$

$$\chi = \begin{pmatrix} \chi_1^0 \\ \chi_2^- \\ \chi_3^0 \end{pmatrix} \sim \left(1, 3, -\frac{1}{3}, -2/3\right), \quad (07)$$

$$\Phi \sim (1, 1, 0, 2) \quad (08)$$

Trung bình chân không của ρ, η, χ, Φ được cho bởi:

$$\rho = \frac{1}{\sqrt{2}}(0, \nu, 0)^T, \eta = \frac{1}{\sqrt{2}}(u, 0, 0)^T, \quad (09)$$

$$\chi = \frac{1}{\sqrt{2}}(0, \nu, \omega)^T, \Phi = \frac{1}{\sqrt{2}}\Lambda \quad (10)$$

Trong mô hình 3-3-1-1, hạt Higgs có sự trộn lẫn với các vô hướng trung hòa khác. Ngoài ra các tương tác mới xuất hiện, chúng có thể là nguồn gốc cho giải thích vấn đề trên. Vì vậy, việc xác định các tương tác giữa vô hướng và boson chuẩn (trong đó có hạt mới) là cần thiết. Các tương tác khác: giữa vô hướng và fermion, hay tự tương tác của các vô hướng với nhau cũng là điều cần thiết. Tuy nhiên chúng được xác định bằng các tính toán đơn giản hơn và sẽ không được trình bày trong bài báo này. Với mục đích này, bài báo trình bày kết quả về xác định các tương tác giữa một boson chuẩn trung hòa và hai vô hướng.

2.2. Tương tác một trường chuẩn với hai vô hướng

Loại tương tác này được xác định bởi:

$$\sum_{\Phi=\phi, \rho, \chi, \eta} [i(\partial^\mu \Phi)^\dagger P_\mu^{NC} \Phi' + H.c] \quad (11)$$

Trong đó:

$$P_\mu^{NC} = eQA_\mu + \frac{g}{c_W}(T_3 - s_W^2 Q)Z_\mu \\ + g \left(\sqrt{1 - \frac{t_W^2}{3}} c_\phi T_8 + t_X \frac{t_W}{\sqrt{3}} c_\phi X + t_N N s_\phi \right) Z_{N\mu} \\ + g \left(-\sqrt{1 - \frac{t_W^2}{3}} s_\phi T_8 - t_X \frac{t_W}{\sqrt{3}} s_\phi X + t_N N c_\phi \right) Z_{N\mu} \quad (12)$$

Ứng với mỗi thành phần của Φ ta tính được:

$$P^{NC} \Phi' = 2gt_N s_\phi Z_{2\mu} + 2gt_N c_\phi Z_{N\mu},$$

$$P^{NC} \chi' = \begin{pmatrix} a_{11}^\chi & 0 & 0 \\ 0 & a_{22}^\chi & 0 \\ 0 & 0 & a_{33}^\chi \end{pmatrix} \chi' \quad (13)$$

Với:

$$a_{33}^\chi = g \left(-\frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{1 - \frac{t_W^2}{3}} c_\phi - \frac{1}{3\sqrt{3}} t_X t_W c_\phi - \frac{2t_N}{3} s_\phi \right) Z_{2\mu}$$

$$+ g \left(-\frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{1 - \frac{t_W^2}{3}} s_\phi + \frac{1}{3\sqrt{3}} t_X t_W s_\phi - \frac{2t_N}{3} c_\phi \right) Z_{N\mu} \quad (14)$$

$$= -g \left(\frac{c_W}{\sqrt{3 - 4s_W^2}} c_\phi + \frac{2t_N s_\phi}{3} \right) Z_{2\mu} + g \left(\frac{c_W}{\sqrt{3 - 4s_W^2}} s_\phi - \frac{2t_N c_\phi}{3} \right) Z_{N\mu}. \quad (15)$$

Tính: $P^{NC} \eta'$

$$P^{NC}\eta' = \begin{pmatrix} a_{11}^n & 0 & 0 \\ 0 & a_{22}^n & 0 \\ 0 & 0 & a_{33}^n \end{pmatrix} \eta' \quad (16)$$

Với:

$$a_{11}^n = \frac{g}{2c_W} Z_\mu + g \left(\frac{c_{2W}c_\phi}{2c_W\sqrt{3-4s_W^2}} + \frac{t_N}{3} s_\phi \right) Z_{2\mu} + g \left(\frac{-c_{2W}s_\phi}{2c_W\sqrt{3-4s_W^2}} + \frac{t_N}{3} c_\phi \right) Z_{N\mu}, \quad (17)$$

$$a_{22}^n = -eA_\mu - \frac{gc_{2W}}{2c_W} Z_\mu + g \left(\frac{c_{2W}c_\phi}{2c_W\sqrt{3-4s_W^2}} + \frac{t_N}{3} s_\phi \right) Z_{2\mu} + g \left(\frac{-c_{2W}s_\phi}{2c_W\sqrt{3-4s_W^2}} + \frac{t_N}{3} c_\phi \right) Z_{N\mu}, \quad (18)$$

$$a_{33}^n = g \left(\frac{c_Wc_\phi}{\sqrt{3-4s_W^2}} - \frac{t_N}{3} s_\phi \right) Z_{2\mu} + g \left(\frac{c_Ws_\phi}{\sqrt{3-4s_W^2}} + \frac{t_N}{3} c_\phi \right) Z_{N\mu}. \quad (19)$$

Tương tự ta tính được cho $P^{NC}\rho'$. Sau khi tính toán các thành phần ta được tương tác:

$$\sum_{\Phi=\phi,\rho,\chi,\eta} [i(\partial^\mu\Phi') + P_\mu^{NC}\Phi' + H.c] \quad (20)$$

Ở đây, P_μ^{NC} có thể được viết lại như sau:

$$P_\mu^{NC} = U(A_\mu)A_\mu + U(Z_\mu)Z_\mu + U(Z_{2\mu})Z_{2\mu} + U(Z_{N\mu})Z_{N\mu}. \quad (21)$$

Tương tác với A_μ :

$$\begin{aligned} & \sum_{\Phi=\phi,\rho,\chi,\eta} [i(\partial^\mu\Phi')^\dagger U(A_\mu)\Phi'A_\mu + H.c] \\ &= i(\partial^\mu\eta')^\dagger \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -e & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \eta'A_\mu + i(\partial^\mu\rho')^\dagger \begin{pmatrix} e & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & e \end{pmatrix} \rho'A_\mu \\ &= ieA_\mu H_5^+ \overrightarrow{\partial^\mu} H_5^- + ieA_\mu H_4^+ \overrightarrow{\partial^\mu} H_4^- \quad (22) \end{aligned}$$

Như vậy đỉnh tương tác của hai vô hướng với A_μ là ie .

Tương tác với Z_μ :

$$\begin{aligned} & \sum_{\Phi=\phi,\rho,\chi,\eta} [i(\partial^\mu\Phi')^\dagger U(Z_\mu)\Phi'Z_\mu + H.c] \quad (23) \\ &= i(\partial^\mu\eta')^\dagger \begin{pmatrix} \frac{g}{2c_W} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{gc_{2W}}{2c_W} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \eta'Z_\mu + i(\partial^\mu\rho')^\dagger \begin{pmatrix} \frac{gc_{2W}}{2c_W} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{g}{2c_W} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{gs_W^2}{c_W} \end{pmatrix} \rho'Z_\mu \\ &= -ig\frac{s_W^2}{c_W} Z_\mu H_4^+ \overrightarrow{\partial^\mu} H_4^- + ig\frac{c_{2W}}{2c_W} Z_\mu H_5^+ \overrightarrow{\partial^\mu} H_5^- + \frac{g}{2c_W} Z_\mu A \overrightarrow{\partial^\mu} H_1 \quad (24) \end{aligned}$$

Như vậy từ đây ta suy ra các đỉnh tương tác của hai vô hướng với Z_μ . Tương tự ta cũng suy ra được các đỉnh tương tác của hai vô hướng $Z_{2\mu}$:

$$\begin{aligned} & \sum_{\Phi=\phi,\rho,\chi,\eta} [i(\partial^\mu\Phi')^\dagger U(Z_{2\mu})\Phi'Z_{2\mu} + H.c] = 2t_N g i \partial^\mu \frac{s_\phi H_2 + c_\phi H_3}{\sqrt{2}} (s_\phi Z_{2\mu}) \frac{c_\phi H_2 - s_\phi H_3}{\sqrt{2}} \\ & - ig \partial^\mu \frac{c_\phi H_2 - s_\phi H_3}{\sqrt{2}} \left(\frac{c_\phi c_W}{\sqrt{3-4s_W^2}} + \frac{2t_N s_\phi}{3} \right) Z_{2\mu} \left(\frac{c_\phi H_2 - s_\phi H_3}{\sqrt{2}} \right) \\ & + i \partial^\mu (c_\beta H_3^+) \left(\frac{c_\phi}{2c_W\sqrt{3-4s_W^2}} + \frac{t_N s_\phi}{3} \right) (c_\beta H_3^-) Z_{2\mu} \\ & + ig \partial^\mu \left(\frac{s_\beta H + c_\beta H_1 - i c_\beta A}{\sqrt{2}} \right) \left(\frac{c_\phi}{2c_W\sqrt{3-4s_W^2}} + \frac{t_N s_\phi}{3} \right) \left(\frac{s_\beta H + c_\beta H_1 + i c_\beta A}{\sqrt{2}} \right) Z_{2\mu} \\ & + ig \partial^\mu H_4^+ \left(\frac{-c_{2W}c_\phi}{c_W\sqrt{3-4s_W^2}} + \frac{t_N s_\phi}{3} \right) H_4^- Z_{2\mu} \\ & + ig \partial^\mu \left(\frac{c_\beta H - s_\beta H_1 - i s_\beta A}{\sqrt{2}} \right) \left(\frac{c_{2W}c_\phi}{2c_W\sqrt{3-4s_W^2}} + \frac{t_N s_\phi}{3} \right) \left(\frac{c_\beta H - s_\beta H_1 + i s_\beta A}{\sqrt{2}} \right) Z_{2\mu} \\ & + ig \partial^\mu s_\beta H_3^+ \left(\frac{c_{2W}c_\phi}{2c_W\sqrt{3-4s_W^2}} + \frac{t_N s_\phi}{3} \right) s_\beta H_3^- Z_{2\mu} - ig \partial^\mu H' \left(\frac{c_Wc_\phi}{\sqrt{3-4s_W^2}} - \frac{t_N s_\phi}{3} \right) Z_{2\mu} H' \quad (25) \end{aligned}$$

Suy ra các đỉnh tương tác của hai vô hướng $Z_{2\mu}$ được cho bởi Bảng 1.

Bảng 1. Đỉnh tương tác của $Z_{2\mu}$ với hai vô hướng

Tương tác	Đỉnh	Tương tác	Đỉnh
$Z_{2\mu} H_4^+ \overrightarrow{\partial^\mu} H_4^-$	$ig \left(\frac{-c_{2W}c_\phi}{c_W\sqrt{3-4s_W^2}} + \frac{t_N s_\phi}{3} \right)$	$Z_{2\mu} H_5^- \overrightarrow{\partial^\mu} H_5^+$	$ig \frac{c_\phi (c_\beta^2 + s_\beta^2 c_{2W})}{2c_W\sqrt{3-4s_W^2}} + \frac{t_N s_\phi}{3}$
$Z_{2\mu} H_4^+ \overrightarrow{\partial^\mu} H'^*$	$\left(\frac{c_Wc_\phi}{\sqrt{3-4s_W^2}} - \frac{t_N s_\phi}{3} \right)$	$Z_{2\mu} H_4^+ \overrightarrow{\partial^\mu} A$	$\frac{g}{2} s_{2\beta} \left(\frac{c_Wc_\phi}{\sqrt{3-4s_W^2}} + \frac{2t_N s_\phi}{3} \right)$

$Z_{2\mu} H_1 \overrightarrow{\partial}^\mu A$	$g c_{2\beta} \left(\frac{c_{2W} c_\phi}{2c_W \sqrt{3-4s_W^2}} + \frac{t_N s_\phi}{3} \right)$		
--	---	--	--

Và thực hiện tương tự tính toán như $Z_{2\mu}$ các đỉnh tương tác của hai vô hướng $Z_{N\mu}$ được cho bởi Bảng 2.

Bảng 2. Đỉnh tương tác của $Z_{N\mu}$ với hai vô hướng

Tương tác	Đỉnh	Tương tác	Đỉnh
$Z_{N\mu} H_4^+ \overrightarrow{\partial}^\mu H_4^-$	$ig \left(\frac{-c_{2W} s_\phi}{c_W \sqrt{3-4s_W^2}} + \frac{t_N c_\phi}{3} \right)$	$Z_{N\mu} H_5^- \overrightarrow{\partial}^\mu H_5^+$	$ig \frac{c_\phi (c_\beta^2 + s_\beta^2 c_{2W})}{2c_W \sqrt{3-4s_W^2}} + \frac{t_N s_\phi}{3}$
$Z_{N\mu} H' \overrightarrow{\partial}^\mu H^*$	$ig \left(\frac{c_W s_\phi}{\sqrt{3-4s_W^2}} + \frac{t_N c_\phi}{3} \right)$	$Z_{N\mu} H \overrightarrow{\partial}^\mu A$	$\frac{g}{2} s_{2\beta} \left(\frac{-c_W s_\phi}{\sqrt{3-4s_W^2}} + \frac{2t_N c_\phi}{3} \right)$
$Z_{N\mu} H_1 \overrightarrow{\partial}^\mu A$	$g c_{2\beta} \left(\frac{-c_W s_\phi}{\sqrt{3-4s_W^2}} + \frac{2t_N c_\phi}{3} \right)$		

Như vậy, tương tác một trường chuẩn với hai vô hướng đã được tính toán một cách chi tiết và phù hợp với nhiều kết quả thu được từ thực nghiệm [3].

3. Kết luận

Cơ chế Higgs đã khẳng định sự đúng đắn thông qua việc tìm thấy Higgs ở Thụy Sĩ vừa qua [1], [3]. Tuy nhiên, các kênh rã của Higgs thông qua các tương tác trong SM có vẻ không trùng khớp với thực nghiệm. Trong mô hình mở rộng, cơ chế Higgs làm việc với 4 đa tuyến vô hướng cung cấp các tương tác mới với các boson chuẩn 3-3-1-1 trong đó có Z_N [5]. Điều này cho ta hi vọng giải thích những thiếu hụt của SM dưới thực nghiệm. Vì vậy, bài báo đặt vấn đề nghiên cứu về tương tác giữa một boson chuẩn trung hòa và hai vô hướng. Một số kết quả thu được như sau: Cho một tổng quan về mô hình 3-3-1-1;

Xác định được tương tác giữa các vô hướng và boson chuẩn trong mô hình 3-3-1-1. Thông qua các tương tác mới tìm được, giúp chúng ta khảo sát đóng góp của chúng vào các quá trình sinh và rã Higgs của mô hình chuẩn ở LHC. Đóng góp của các hạt mới có thể giải quyết dị thường rã Higgs. Tính các tương tác giữa vô hướng và boson chuẩn là một trong những phần phức tạp nhất của mô hình và đây là vấn đề mới trước đây chưa được nghiên cứu. Vì các tương tác này có ý nghĩa trong việc kiểm chứng cơ chế Higgs mới và đối xứng chuẩn mới, chúng tôi đã bỏ một thời lượng lớn để xác định chúng và chỉ ra các đóng góp ý nghĩa của chúng. Rõ ràng các kết quả thu được do các tương tác mới này ảnh hưởng đến nhiều điều thú vị và đây là cơ sở để chúng tôi tiến sâu hơn vào các nghiên cứu sau này.

Tài liệu tham khảo

[1]. G. Aad et al (2012), “ATLAS Collaboration”, *Phys. Lett. B*, (76), p. 1.
 [2]. G. Bertone, D. Hooper and J. Silk (2005), “Supersymmetry After the Higgs Discovery”, *Phys. Re*, (405), p. 279.
 [3]. S. Chatrchyan et al, “CMS Collaboration”, *Phys.Lett. B*, (716), p. 30.
 [4]. P. V. Dong, H. N Long (2006), *The economical SU(3)_C @ SU(3)_L U(1)_X gauge models*, National Publishing for Science and Technology.
 [5]. P. V. Dong, H. T. Hung and T. D. Tham (2013), “3-3-1-1 model for dark matter”, *Phys. Rev. D*, (87), p. 115003.

- [6]. P. V. Dong, L. T. Hue, H. N. Long and D. V. Soa (2010), “The 3-3-1 model with A4 flavor symmetry”, *Phys. Rev. D*, (81), p. 053004.
- [7]. D. Fregolente and M. D. Tonasse (2003), “Self-interacting dark matter from a $SU(3)_L \otimes U(1)_N$ electroweak model”, *Phys. Lett. B*, (555), p. 7.
- [8]. Hoàng Ngọc Long (2006), *Cơ sở vật lý hạt cơ bản*, NXB Thông kê, Hà Nội.
- [9]. E. Peskin and Danil V. Schroeder (1995), *An Introduction to Quantum Field theory*, Westview Press.
- [10]. C. A. S. Pires and P. S. Rodrigues da Silva (2007), “Scalar Bilepton Dark Matter”, *JCAP*, (0712), p. 012.
- [11]. F. Pisano and V. Pleitez (1992), “Concerning the Landau pole in 3-3-1 models”, *Phys. Rev. D*, (46), p. 410
- [12]. M. Singer, J. W. F. Valle and J. Schechter (1980), “Canonical neutral-current predictions from the weak-electromagnetic gauge group $SU(3) \times U(1)$ ”, *Phys. Rev. D*, (22), p. 738.

THE INTERACTION BETWEEN Z_N AND SCALAR PARTICLES IN THE 3-3-1-1 MODEL

Summary

The unity Z_N will merge with standard symmetrical 3-3-1 bosons into the slightly electrochemical process as known. The existence of Z_N with small contributions can explain the deviation of the standard model. As a key example, Z_N contribution to the birth-collapse process at LHC Higgs recently can explain anomalies in Higgs measurement parameters. Z_N itself is a great channel for new physics to discover at LHC. The 3-3-1-1 model provides a new Higgs mechanism, and can explain the nature of Higgs, and also forecast new Higgs, including dark matters. We examine the interaction between Z_N and scalar particles in the 3-3-1-1 model.

Keywords: Standard model, Z_N boson, 3-3-1-1 model, Higgs physics.

Ngày nhận bài: 30/12/2016; Ngày nhận lại: 12/4/2017; Ngày duyệt đăng: 07/6/2017.