

TRANG THÔNG TIN VỀ NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI VỀ MẶT HỌC THUẬT, LÝ LUẬN CỦA LUẬN ÁN

Đề tài luận án: **Thế Higgs trong Mô hình 3-3-1 với cơ chế CKS và phân loại các mô hình 3-3-1 dựa trên dữ liệu tích yếu**

1. Thông tin về nghiên cứu sinh:

Họ và tên nghiên cứu sinh: Nguyễn Văn Hợp

Khóa đào tạo: 2016 - 2020

Chuyên ngành: Vật lý lý thuyết và Vật lý toán

Mã chuyên ngành: 9 44 01 03

2. Thông tin người hướng dẫn:

- Họ và tên: GS. TS Hoàng Ngọc Long.

Đơn vị công tác: Viện Vật lý, Viện Hàn Lâm Khoa Học và Công Nghệ Việt Nam.

Học hàm: Giáo sư

Học vị: Tiến sĩ

Chuyên ngành: Vật lý lý thuyết.

- Họ và tên: TS. Nguyễn Huy Thảo.

Đơn vị công tác: Trường Đại học Sư Phạm Hà Nội 2.

Học vị: Tiến sĩ

Chuyên ngành: Vật lý lý thuyết.

3. Cơ sở đào tạo: Trường Đại học Sư Phạm Hà Nội 2.

4. Những đóng góp mới về mặt học thuật, lý luận, những luận điểm mới rút ra được từ kết quả nghiên cứu, khảo sát của luận án:

4.a. Các kết quả liên quan đến phần boson chuẩn:

Trong khuôn khổ Mô hình 3-3-1 CKS, chúng tôi đã xây dựng và khảo sát đầy đủ phần boson chuẩn, gồm: xác định các trường boson vật lý, các biểu thức góc trộn và khối lượng của chúng. Ngoài ra, dựa vào giá trị thực nghiệm của tham số ρ , chúng tôi xác

định được khoảng giá trị của trung bình chân không v_χ :

$$3.57 \text{ TeV} \leq v_\chi \leq 6.09 \text{ TeV} ,$$

ước lượng giá trị khối lượng boson chuẩn trung hòa mới Z_2 :

$$1.42 \text{ TeV} \leq M_{Z_2} \leq 2.42 \text{ TeV} ,$$

và xác định giới hạn khối lượng của boson chuẩn bilepton Y :

$$465 \text{ GeV} \leq M_Y \leq 960 \text{ GeV} .$$

Hơn nữa, dựa trên phần boson chuẩn trong mô hình, chúng tôi cũng bàn về tiết diện tán xạ toàn phần sinh Z_2 theo cơ chế Drell-Yan tại LHC ở thang năng lượng hiện hành $\sqrt{S} = 13 \text{ TeV}$ và ở mức năng lượng dự kiến được nâng cấp $\sqrt{S} = 28 \text{ TeV}$, với giới hạn khối lượng M_{Z_2} được chọn phù hợp với dữ liệu thực nghiệm từ 4 TeV đến 5 TeV. Trong giới hạn này của khối lượng M_{Z_2} , tiết diện tán xạ toàn phần sinh Z_2 nằm trong khoảng 85 fb đến 10 fb khi xét ở thang năng lượng $\sqrt{S} = 13 \text{ TeV}$. Ở mức năng lượng dự kiến được nâng cấp tại LHC $\sqrt{S} = 28 \text{ TeV}$, tiết diện tán xạ toàn phần sinh Z_2 có giá trị tăng đáng kể, từ 2.5 pb đến 0.7 pb; và theo đó, bề rộng rãi ở LHC của quá trình cộng hưởng $pp \rightarrow Z_2 \rightarrow l^+l^-$ ở $\sqrt{S} = 28 \text{ TeV}$ sẽ có giá trị bậc 10^{-2} pb đối với boson chuẩn 4 TeV.

4.b. Các kết quả liên quan đến phần Higgs:

Phổ Higgs trong Mô hình 3-3-1 CKS cũng được xây dựng và biện luận đầy đủ, gồm: thể Higgs toàn phần, thể Higgs bảo toàn số lepton và thể Higgs vi phạm số lepton. Dựa vào điều kiện cực tiểu của thế Higgs chúng tôi tìm được các phương trình ràng buộc. Từ thế Higgs chúng tôi cũng xác định đầy đủ các trường Higgs mang điện, Higgs CP-chẵn và Higgs CP-lẻ chứa đầy đủ các Goldstone boson tương ứng với các trường boson chuẩn.

Khi biện luận trong trường hợp giản lược, chúng tôi thu được trường h là Higgs như mô hình chuẩn cùng với H_4 và H_5 là các trường vô hướng vật lý nặng, với các bình phương khối lượng:

$$m_h^2 \simeq \frac{4}{3} \lambda v_\eta^2 , \quad m_{H_4}^2 \simeq \lambda v_\chi^2 , \quad m_{H_5}^2 \simeq 3 \lambda v_\chi^2 ;$$

với $m_h = 126\text{GeV}$ và giới hạn của v_χ ở trên ta có:

$$\lambda \approx 0.187; \quad 1.5 \text{ TeV} < m_{H_4} < 2.61 \text{ TeV}; \quad 2.6 \text{ TeV} < m_{H_5} < 4.5 \text{ TeV}.$$

Các boson Higgs trong mô hình đang xét tương tác với nhiều hạt mang điện, nên các quá trình rải bậc một vòng của các boson này thành photon là có thể xảy ra, và trở thành một kênh đáng quan tâm để dò tìm chúng ở LHC, cụ thể là các chế độ rải như $H_1^\pm \rightarrow W^\pm\gamma$, $R_\rho, I_\rho \rightarrow Z\gamma$, và $R_\rho, I_\rho \rightarrow \gamma\gamma$.

Khối lượng các boson Higgs trung hòa nặng được tiên đoán có giá trị ở thang TeV ngoài vùng loại trừ của LHC. Chúng tôi cũng tính được bề rộng rải toàn phần của sự sinh vô hướng H_4 ở LHC có giá trị gần 10^{-4} fb tương ứng với giá trị biên dưới 10 TeV của v_χ (giá trị được rút ra từ dữ liệu thực nghiệm về tương tác meson K , D và B) và bề rộng rải này giảm khi v_χ tiến đến các giá trị lớn hơn.

Ngoài ra, chúng tôi cũng chỉ ra được ứng viên vật chất tối vô hướng của mô hình đang xét là vô hướng phức φ_2^0 có bình phương khối lượng là $\frac{1}{2}v_\eta^2\lambda_2^{\eta\varphi}$. Từ đó cho thấy mật độ tàn dư Ωh^2 của vật chất tối là hàm phi tuyến theo khối lượng m_φ của ứng viên vật chất tối vô hướng φ_2^0 ; hơn nữa mật độ tàn dư Ωh^2 phụ thuộc nhạy hơn vào m_φ khi hệ số vô hướng bậc hai $\lambda_{h^2\varphi^2}$ càng giảm. Với giá trị quan sát được của mật độ tàn dư $\Omega h^2 = 0.1198$, ta có thể xác định được mối tương ứng 1:1 giữa hệ số vô hướng bậc hai $\lambda_{h^2\varphi^2}$ và khối lượng m_φ ; hơn nữa, điều kiện ràng buộc của mật độ tàn dư cho thấy mối tương quan giữa $\lambda_{h^2\varphi^2}$ và m_φ là tuyến tính.

4.c. Các kết quả thu được dựa trên dữ liệu tích yếu:

Trong luận án này, chúng tôi sử dụng các dữ liệu thực nghiệm mới nhất của tích yếu trong hiện tượng APV của Cesium, hiện tượng PVES của proton và số liệu về giới hạn nhiễu loạn của hằng số tương tác Yukawa đối với quark top để biện luận miền không gian tham số của các mô hình và tiên đoán về giới hạn của khối lượng boson nặng Z_2 . Những tính toán này được chúng tôi xét trong Mô hình 3-3-1 với cơ chế CKS được công bố gần đây và rộng hơn, đối với nhóm các mô hình 3-3-1 với ba tam tuyến Higgs nói chung.

Khi xét trong Mô hình 3-3-1 với cơ chế CKS, chúng tôi thu được kết quả cận dưới của khối lượng boson chuẩn nặng mới Z_2 là 1.27 TeV, giá trị này bé hơn một chút so với các giá trị đang được dự đoán từ LHC, từ dữ liệu rải β và từ dữ liệu tham số ρ .

Khi xét đối với nhóm các mô hình 3-3-1- β , chúng tôi phân loại các mô hình này thành các mô hình 3-3-1 loại A, B và C dựa vào ba cách gán các quark phân cực trái khác nhau. Dựa trên ba kênh dữ liệu được chọn và sử dụng công cụ phần mềm *Mathematica* chúng tôi đã thu được các kết quả rất đáng chú ý, cho thấy nhóm các mô hình này ngoài các đặc điểm chung, còn thể hiện một số đặc tính khác nhau dưới phương pháp phân tích của chúng tôi, thậm chí các kết quả có thể dẫn đến khả năng loại trừ một số mô hình, với các kết luận chính như sau:

- Các mô hình với $\beta = \pm\sqrt{3}$: miền giá trị $M_{Z_2} < 4$ TeV là không tồn tại với tất cả các mô hình loại A, C và mô hình M331. Các mô hình này bị loại trừ khi xét đến giới hạn tính toán nhiễu loạn với cực Landau của các mô hình này đạt đến ở thang khoảng 4 TeV. Chỉ mỗi dữ liệu APV của Cesium đã loại trừ ba trường hợp: mô hình loại C với $\beta = -\sqrt{3}$, mô hình loại A với $\beta = \sqrt{3}$ và mô hình M331 loại A. Các trường hợp còn lại bị loại trừ dựa vào dữ liệu PVES của proton và giới hạn nhiễu loạn đối với quark top.
- Các mô hình với $|\beta| < \sqrt{3}$, chẳng hạn $\beta = 0, \pm\frac{1}{\sqrt{3}}$: miền không gian tham số được phép chịu ảnh hưởng đáng kể bởi dữ liệu PVES của proton, nó cũng dẫn đến giới hạn dưới của M_{Z_2} nghiêm ngặt hơn giá trị rút ra từ dữ liệu APV của Cesium, điều mà trước đây chưa có công trình nào đề cập.
- Các mô hình với $\beta = 0, \pm\frac{1}{\sqrt{3}}$: các mô hình loại C chỉ chấp nhận miền không gian tham số ứng với M_{Z_2} bé, với $M_{Z_2} < 1.5$ TeV.
- Các mô hình với $\beta = \pm\frac{1}{\sqrt{3}}$: các mô hình loại A dự đoán giá trị M_{Z_2} lớn hơn, và như vậy không bị loại trừ bởi ràng buộc từ dữ liệu của LHC, với $M_{Z_2} \geq 2.5$ TeV, khi giả định Z_2 không rã thành các fermion nặng.
- Mô hình loại B không bị loại trừ, cho dù giới hạn nhiễu loạn của tương tác Yukawa đối với quark top cho không gian tham số tương ứng với M_{Z_2} lớn.

Các tính toán số ở đây cũng cho thấy không gian tham số được tiên đoán bởi các mô hình loại B và C không ủng hộ M_{Z_2} lớn do đó các mô hình này có nguy cơ bị loại trừ bởi các kết quả trong tương lai (chẳng hạn từ LHC), đặc biệt đối với mô hình loại C. Một khi mô hình loại A tồn tại thì cũng có nghĩa rằng thế hệ quark nặng nhất phải được hành xử khác với các thế hệ còn lại. Cách làm của chúng tôi cũng cho thấy dữ

liệu tích yếu được cập nhật trong các thí nghiệm trong tương lai sẽ trở nên quan trọng để quyết định thể hệ quark nào nên được xử lý khác với hai thể hệ còn lại trong các mô hình 3-3-1 hiện hữu.

Dữ liệu APV và PVES được cập nhật trong nghiên cứu này cũng đồng điệu với dữ liệu trong hiện tượng khác biệt khối lượng của meson trung hòa (mass difference of neutral meson) ở kết luận cho rằng thể hệ quark thứ ba nên được xử lý khác với hai thể hệ đầu tiên. Điều này cũng là một lý do giải thích tại sao quark top lại nặng một cách khác biệt.

Tính toán và biện luận của chúng tôi cho thấy kết quả dựa vào dữ liệu PVES của proton và dựa vào giới hạn nhiễu loạn của tương tác Yukawa đối với quark top cũng quan trọng không kém kết quả thu được dựa vào dữ liệu APV của Cesium. Do đó tất cả các dữ liệu này cần được xem xét đồng thời để tìm các ràng buộc của không gian tham số của các mô hình 3-3-1. Sau khi được công bố, các kết quả mang tính đa kênh và cập nhật này của chúng tôi cũng đã dành được sự quan tâm của PDG (Particle Data Group - một cơ sở dữ liệu về vật lý hạt cơ bản hàng đầu thế giới).

T/M TẬP THỂ HƯỚNG DẪN

NGHIÊN CỨU SINH

GS.TS. HOÀNG NGỌC LONG

NGUYỄN VĂN HỢP

TS. NGUYỄN HUY THẢO