

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

VIỆN HÀN LÂM KH VÀ CN VIỆT NAM

VIỆN VẬT LÝ

VÕ VĂN VIÊN

**NHÓM ĐỐI XỨNG GIÁN ĐOẠN
VÀ CÁC MÔ HÌNH 3-3-1**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ VẬT LÝ

HÀ NỘI-2013

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

VIỆN HÀN LÂM KH VÀ CN VIỆT NAM

VIỆN VẬT LÝ

VÕ VĂN VIÊN

NHÓM ĐỐI XỨNG GIÁN ĐOẠN VÀ CÁC MÔ HÌNH 3-3-1

Chuyên ngành: Vật lý lý thuyết và vật lý toán

Mã số: 62 44 01 01

Người hướng dẫn: GS - TS. Hoàng Ngọc Long

LUẬN ÁN TIẾN SĨ VẬT LÝ

HÀ NỘI - 2013

Lời cảm ơn

Luận án này được hoàn thành tại Trung tâm Vật lý lý thuyết - Viện Vật lý, dưới sự hướng dẫn của GS - TS. Hoàng Ngọc Long. Tôi xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành và sâu sắc đến GS -TS. Hoàng Ngọc Long - người đã hết lòng truyền dạy, động viên, khích lệ và định hướng nghiên cứu cho tôi trong quá trình học tập và từng bước hoàn chỉnh luận án.

Tôi xin chân thành cảm ơn TS. Phùng Văn Đông và TS. Đỗ Thị Hương vì đã giúp đỡ tôi rất nhiều trong việc tích lũy kiến thức và các kỹ thuật tính toán, cũng như những đóng góp hết sức bổ ích cho luận án.

Tôi xin chân thành cảm ơn GS-TS. Đặng Văn Soa, PGS-TS. Nguyễn Quỳnh Lan, ThS. Lê Thọ Huệ và ThS. Cao Hoàn Nam vì đã có nhiều trao đổi bổ ích về chuyên môn và sự ủng hộ, giúp đỡ tôi trong quá trình học tập.

Tôi xin chân thành cảm ơn ThS. Nguyễn Ngọc Tự và bạn bè, đồng nghiệp vì đã chia sẻ các tài liệu tham khảo bổ ích cho luận án.

Tôi xin chân thành cảm ơn Lãnh đạo Viện Vật lý Hà Nội, Trung tâm Vật lý lý thuyết và Phòng Sau Đại học vì đã tạo điều kiện thuận lợi cho tôi trong quá trình học tập.

Tôi xin chân thành cảm ơn Lãnh đạo Trường Đại học Tây Nguyên, Khoa Khoa học Tự nhiên và Công nghệ và Bộ môn Vật lý - nơi tôi công tác vì đã tạo mọi điều kiện thuận lợi cho tôi trong suốt thời gian học tập và làm việc.

Tôi vô cùng biết ơn gia đình và người thân đã dành tình cảm yêu thương, luôn động viên và tạo mọi điều kiện tốt nhất để tôi hoàn thành luận án này.

Hà Nội, ngày ...tháng...năm 2013

Võ Văn Viên

Lời cam đoan

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các số liệu, kết quả mới mà tôi công bố trong luận án là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tác giả luận án

Võ Văn Viên

Các ký hiệu chung

| Kí hiệu | Nội dung |
|---------------------|---|
| MHC | Mô hình chuẩn |
| 331RH | Mô hình 3-3-1 với neutrino phân cực phải |
| 331NF | Mô hình 3-3-1 với fermion trung hòa |
| 331NFS ₃ | Mô hình 331NF với nhóm đối xứng S_3 |
| 331RHS ₃ | Mô hình 331RH với nhóm đối xứng S_3 |
| 331NFS ₄ | Mô hình 331NF với nhóm đối xứng S_4 |
| HPS | Harrison-Perkins-Scott |
| VEV | Vacuum Expectation Value (Trung bình chân không) |
| CKM | Cabibbo-Kobayashi-Maskawa |
| DONUT | Direct Observation of the Nu Tau |
| CERN | Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire |
| PDG | Particle Data Group |

Danh sách hình vẽ

| | | |
|-----|---|----|
| 1.1 | Đối xứng S_3 của tam giác đều | 14 |
| 1.2 | Đối xứng S_4 của hình lập phương | 18 |
| 2.1 | Đồ thị mô tả sự phụ thuộc của a, b vào a' | 35 |
| 2.2 | Đồ thị mô tả sự phụ thuộc của m_1, m_2, m_3 vào a' với $a' \in (8.713 \times 10^{-3}, 0.1)$ và $a' \in (-0.1, -8.713 \times 10^{-3})$ | 48 |
| 2.3 | Đồ thị mô tả sự phụ thuộc của m_1, m_2, m_3 vào a' với $a' \in (0.1, 0.25)$, và $a' \in (-0.25, 0.1)$ | 48 |
| 2.4 | Đồ thị mô tả sự phụ thuộc của m_1, m_2, m_3 vào a' với $a' \in (8.713 \times 10^{-3}, 0.6)$, và $a' \in (-0.6, -8.713 \times 10^{-3})$ | 48 |
| 2.5 | Đồ thị mô tả sự phụ thuộc của m_1, m_2, m_3 vào a' với $a' \in (0.085, 0.2)$, và $a' \in (-0.2, -0.085)$ | 49 |
| 2.6 | Đồ thị mô tả sự phụ thuộc của m_1, m_2, m_3 vào a' với $a' \in (0.2, 0.6)$, và $a' \in (-0.6, -0.2)$ | 49 |
| 2.7 | Đồ thị mô tả sự phụ thuộc của m_1, m_2, m_3 vào a' với $a' \in (0.085, 0.6)$ và $a' \in (-0.6, -0.085)$ | 49 |

Danh sách bảng

| | | |
|-----|--|----|
| 1.1 | Các lớp liên hợp của nhóm S_3 | 15 |
| 1.2 | Bảng đặc biểu của nhóm S_3 | 15 |
| 1.3 | Bảng đặc biểu của nhóm S_4 | 18 |
| 1.4 | Các lớp liên hợp của nhóm S_4 | 20 |
| 3.1 | Các khả năng kết cặp cần thiết sinh khối lượng quark | 55 |

Mục lục

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Nhóm S_3, S_4 và mô hình 3-3-1 | 11 |
| 1.1 | Nhóm S_3, S_4 | 13 |
| 1.1.1 | Nhóm đối xứng S_3 | 13 |
| 1.1.2 | Nhóm đối xứng S_4 | 16 |
| 1.2 | Mô hình 3-3-1 | 22 |
| 1.3 | Mô hình 3-3-1 với fermion trung hòa | 23 |
| 1.3.1 | Sự sắp xếp hạt của mô hình | 23 |
| 1.3.2 | Phá vỡ đối xứng tự phát và khối lượng fermion | 23 |
| 1.4 | Kết luận chương 1 | 25 |
| 2 | Đối xứng vị S_4 trong mô hình 3-3-1 với fermion trung hòa | 26 |
| 2.1 | Sự sắp xếp hạt của mô hình | 26 |
| 2.2 | Khối lượng lepton mang điện | 28 |
| 2.3 | Khối lượng neutrino | 30 |
| 2.4 | Khối lượng quark | 36 |
| 2.5 | Sự định hướng chân không | 39 |
| 2.6 | Kết luận chương 2 | 47 |
| 3 | Nhóm đối xứng vị S_3 trong các mô hình 3-3-1 | 50 |
| 3.1 | Sự sắp xếp hạt của mô hình | 51 |
| 3.2 | Khối lượng lepton mang điện | 52 |
| 3.3 | Khối lượng quark | 54 |
| 3.4 | Khối lượng và trộn lẫn neutrino | 58 |
| 3.5 | Giới hạn thực nghiệm với trường hợp 1 | 63 |
| 3.6 | Giới hạn thực nghiệm với sự kết hợp của trường hợp 1 và 2 | 65 |
| 3.7 | Nhận xét về sự phá vỡ, các trung bình chân không và tham số ρ | 70 |

| | | |
|----------|---|-------------|
| 3.8 | Đối xứng S_3 trong mô hình 3-3-1 với neutrino phân cực phải (ν_R) | 71 |
| 3.9 | Thế vô hướng | 73 |
| 3.9.1 | Thế vô hướng của mô hình 331NFS ₃ | 73 |
| 3.9.2 | Thế vô hướng của mô hình 331RHS ₃ | 77 |
| 3.10 | Kết luận chương 3 | 77 |
| A | Biểu diễn chính quy của S_3 | i |
| B | Tìm hệ Số Clebsch-Gordan của nhóm S_3 | ii |
| C | Tìm hệ số Clebsch - Gordan của nhóm S_4 | viii |
| D | Các số lượng tử của mô hình 331NFS₄ | xv |
| E | Các số lượng tử của mô hình 331NFS₃ và 331RHS₃ | xvi |

Mở đầu

Lý do chọn đề tài

Tìm hiểu thế giới tự nhiên là một trong những nhiệm vụ lớn nhất của loài người trong quá trình chinh phục thiên nhiên, mặc dù, theo thời gian cách thức tiếp cận có thể thay đổi, và sự hiểu biết phát triển tùy theo thời đại và các nền văn hóa. Mục tiêu của vật lý là mô tả các hiện tượng tự nhiên bằng lý thuyết và thực nghiệm. Vật lý thực nghiệm có vai trò kiểm chứng các tiên đoán của các mô hình vật lý lý thuyết và đưa ra những tiên đoán mới, vật lý lý thuyết xây dựng các mô hình mô tả các kết quả thực nghiệm, đồng thời đưa ra các tiên đoán mới. Hai lĩnh vực này tồn tại song song, đan xen chặt chẽ và hỗ trợ nhau, thúc đẩy sự phát triển của ngành vật lý, là động lực chính cho sự hiểu biết của nhân loại về thế giới tự nhiên huyền bí. Một lý thuyết vật lý tốt sẽ mô tả đúng các kết quả thí nghiệm đã được xác nhận, và đưa ra những tiên đoán đáng tin cậy sẽ được kiểm tra bằng thực nghiệm trong tương lai. Khi các tiên đoán được xác nhận, lý thuyết trở nên ngày càng được chấp nhận. Ngược lại, nếu có các quan sát thực nghiệm mâu thuẫn, lý thuyết cần phải được xem xét lại hoặc xây dựng một lý thuyết mới phù hợp hơn.

Trong số các hạt hình thành nên vũ trụ, có một loại hạt đóng vai trò rất quan trọng trong sự tiến hóa của vũ trụ ở thời kỳ sơ khai, trong quá trình sinh lepton, sinh baryon, và sự hình thành bức xạ nền vũ trụ, cũng như vai trò là vật chất tối [3],...đó là hạt neutrino. Neutrino là hạt không mang điện, có khối lượng rất bé, với spin bằng $\frac{1}{2}$, chỉ tương tác rất yếu và hiếm với các vật chất. Sự tồn tại của neutrino lần đầu tiên được đề xuất bởi Wolfgang Pauli, vào năm 1930, để giải quyết vấn đề bảo toàn năng lượng và mô men xung lượng trong phân rã beta, với tên gọi là neutron [4], sau đó được Fermi gọi là neutrino vì hạt neutron thực sự đã được khám phá bằng thực nghiệm bởi James Chadwick