Kollektive Symmetriebrechung – Little Higgs Modelle

Sommerakademie Neubeuern
AG 2: Physik am LHC

Inhalt

- Motivation – HP
- Idee und Anforderung der LH Modelle
- Kollektive Symmetriebrechung
- Little Higgs Modelle
- Toy Higgs Modell
- Potential und Vorhersagen von LH
- Zusammenfassung

Hierarchie-Problem

- Frage: warum Neue Physik auf TeV-Skalen
- wichtigste Quantenkorrekturen: top, W/Z/ γ , Higgs
- wenn fine tuning für t bei max. 10 % dann $\Lambda \sim 2\text{TeV}$
- Bekannteste Herangehensweise: SUSY
aber

Thema: Little Higgs Modelle

Folk Theorem

- Bosonen- und Fermionen-Schleifen haben entgegengesetzte Vorzeichen
- Aufhebung der quadratischen Divergenzen tritt nur zwischen Fermionen und Bosonen auf
- Damit die Aufhebung „natürlich“ ist müssen Fermionen und Bosonen-Schleifen über Symmetrie verbunden sein (SUSY)

Idee und Anforderung der LH Modelle

- Modell muss quadratische Divergenzen aufheben
- Higgs-Masse stabilisieren, durch pseudo-Goldstone-Boson (erstmalig 2001 erfolgreich)
- Masse neuer Teilchen über einzelne Skala „ f “ definiert bei der globale Symmetrien spontan gebrochen werden
- Vorgehen „ähnlich“ SUSY
- brauchen Symmetrie zwischen Kopplungskonstanten

Goldstone-Theorem

„Wenn in einer Feldtheorie die kontinuierliche globale Symmetrie einer Lagrange-Dichte spontan gebrochen ist, dann treten masselose Teilchen mit Spin Null auf. Ihre Anzahl ist gleich der Zahl der spontan gebrochenen Erzeugenden der Symmetriegruppe.“

Erinnerung: - Ferromagnetismus
- Mexikanerhut
- Higgs-Mechanismus

Kollektive Symmetriebrechung

- Statt einzelner Kopplung Einführung zweier Kopplungen
- Jede Kopplung für sich allein erhält Symmetrie so weit, dass Masselosigkeit der Goldstone-Bosonen erhalten bleibt
- Kombinierte explizite und spontane Symmetriebrechung – Teil für schwere Bosonen und Teil für SM Higgs-Sektor
- „Kollektiv“ da zwei Symmetrien brechen muss, um Massen- und Potentialterme zu erhalten

Little Higgs Modelle

- Die Higgs-Felder sind Goldstone-Bosonen, die mit einer globalen Symmetriebrechung bei Λ verbunden sind
- Die Higgs-Felder erhalten eine Masse und werden durch Symmetriebrechung auf der elektroschwachen Skala zu (Pseudo-)Goldstone-Bosonen
- Die Higgs-Felder bleiben leicht und frei von Schleifen quadratischer Sensitivität bis zur cut-off Skala Λ

Toy Little Higgs Modell

- keine Hyperladung, einzige Fermionen sind t und b, Quarks mit normalen Yukawa-Kopplungen und $SU(3) \times SU(2)$ gauge Wechselwirkungen
- spontan gebrochene $SU(3)$ bei $f \sim 1$ TeV
- $[SU(3)]^2$
- Erweiterung: Hyperladung, andere Quarks und Leptonen, quartic Kopplung fürs Higgs

Potential von Little Higgs Modellen

- Lösen technischen Probleme im Higgs-Sektors
- Teilchenphysikalische Erklärung für dunkle Materie falls T -Parität
- Erklärung der Baryon-Asymmetrie via TeV Leptogenese möglich
- verschiedene Modelle (genaue Massen „variabel“)
- Möglich mit SUSY zu verheiraten

Vorhersagen von LH Modellen

- genaue Massen von vorhergesagten Teilchen Modell-abhängig
- mind. 1 Higgs-Teilchen mit Masse unter 1 TeV
- mind. ein fermionisches Teilchen mit Masse < 2 TeV (um Quantenkorrekturen der Higgs-Masse durch top-Quark auszugleichen)
- neue Bosonen mit Massen in TeV-Bereich (für schwache und elektromagnetische Korrekturen)

Zusammenfassung

- Kollektive Symmetriebrechung durch Einführung zweier Kopplungen
- Little Higgs Modelle als Lösung des HP
- Vorhergesagte Teilchen sollten am LHC detektierbar sein