

# Modello di Higgs composto con completamento ultravioletto

**Candidato:** Francesco Ciumei      **email:** francesco.ciumei@stud.unifi.it  
**Relatore:** Stefania De Curtis      **email:** stefania.decurtis@infn.it  
**Controrelatore:** Dimitri Colferai      **email:** dimitri.colferai@infn.it

Il *Modello Standard* (SM) è una teoria che descrive i costituenti fondamentali della materia, le loro interazioni e il bosone di Higgs recentemente scoperto. Presenta, però, dei problemi, alcuni dei quali interessano proprio il bosone di Higgs. Uno tra questi è il *problema della Naturalezza*. Si parla di *problema della Naturalezza* all'interno di una teoria quando compare una gerarchia importante tra diverse scale di energia. Nel caso del Modello Standard, la scala di energia tipica delle interazioni elettro-deboli è data da  $v_{EW} \simeq 246 GeV$ , la quale determina la rottura della simmetria elettro-debole (EWSB), mentre il *cut-off* dello SM, chiamato  $\Lambda_{SM}$ , può essere posto, in generale, a valori dell'ordine della massa di Planck,  $M_P \simeq 10^{19} GeV$ , dove ci si aspetta che gli effetti gravitazionali non siano trascurabili. Una separazione così elevata tra queste scale rende necessaria una grande precisione nella scelta dei valori dei parametri della teoria, introducendo così un problema di *fine-tuning*. Una particella scalare elementare, come il bosone di Higgs del Modello Standard, riceve correzioni radiative alla sua massa,  $m_H^2$ , dell'ordine di  $\Lambda_{SM}^2$ , quindi, per mantenere una massa piccola rispetto al *cut-off*, in accordo con i dati sperimentali, è necessario avere delle cancellazioni fra grandezze molto maggiori di  $m_H^2$ . Per esempio se  $\Lambda_{SM} = M_P$  si devono avere cancellazioni di 29 cifre tra i termini a diversa scala. Molte estensioni dello SM sono motivate dal *problema della Naturalezza* e prevedono la comparsa di fisica *oltre il Modello Standard* (BSM) ad energie dell'ordine del TeV, piuttosto che alla scala di Planck. Lo SM è quindi considerata una teoria effettiva valida al di sotto di  $\Lambda_{SM}$ . In quest'ottica è stata considerata la possibilità di aggiungere al quadro del Modello Standard una nuova dinamica ad energie superiori al TeV, con la caratteristica di essere confinante sotto tale scala. Questa idea era già presente nei primi modelli, detti di *TechniColor* (TC), i quali, oggi risultano fortemente sfavoriti dalle osservazioni sperimentali di LEP e LHC. In questo lavoro di Tesi si considerano delle estensioni al Modello Standard che riprendono l'idea delle teorie *TechniColor* di una nuova interazione di *gauge* confinante, ma che ne modificano le caratteristiche. Infatti in questi modelli i nuovi fermioni sono *vettoriali* rispetto al gruppo di *gauge* dello SM, ovvero le loro componenti *left-* e *right-handed* hanno gli stessi numeri quantici sotto tale gruppo di *gauge*, in modo tale che i condensati non siano responsabili della rottura della simmetria elettro-debole, evitando così i problemi delle teorie *TechniColor*. Questo scenario è noto come *Vector-like Confinement*. Nei modelli con *Vector-like Confinement* è necessaria una causa, esterna alla dinamica forte, che inneschi la rottura della simmetria elettro-debole. In altre parole il vuoto della teoria deve essere "disallineato" in modo da non essere simmetrico sotto  $SU(2)_W \otimes U(1)_Y$ . Questo può essere realizzato in due modi: attraverso una nuova interazione mediata da un nuovo bosone di *gauge*  $Z_A$ , come nel modello originale di Georgi-Kaplan, oppure attraverso un bosone di Higgs elementare che si mescola con il condensato composto generato dalla dinamica forte. In questo secondo caso i nuovi fermioni, oltre alle interazioni con i campi di *gauge* relativi alla nuova forza e alle interazioni con i campi di *gauge* dello SM, possono avere *accoppiamenti di Yukawa* con l'Higgs elementare. Questo ha un impatto significativo sulla fenomenologia, in quanto nello spettro degli stati legati, compariranno *pseudo-bosoni di Goldstone* (pGB) associati alla rottura spontanea della simmetria di sapore dei nuovi fermioni, analogamente a quanto succede in QCD; fra tali pGB ve ne sarà uno con gli stessi numeri quantici dell'Higgs elementare che si mescolerà con quest'ultimo. Questa teoria effettiva possiede, quindi, due doppietti di Higgs, uno elementare ed uno composto e il bosone di Higgs fisico, osservato ad LHC, è da interpretarsi come una miscela di tali doppietti. Per questo motivo il bosone di Higgs fisico è detto *parzialmente composto*. Questo tipo di modelli costituisce un'interpolazione fra il settore di Higgs dello SM e i modelli con *Higgs composto*.

Lo scopo di questa tesi consiste sia nel delineare e motivare quali siano gli ingredienti necessari per la costruzione di un modello di Higgs composto e parzialmente composto con *coset*  $SU(5)/SO(5)$ , sia nel calcolare alcune grandezze quali il *momento di dipolo elettrico dell'elettrone* (EDM) nell'ambito di un modello con bosone di Higgs parzialmente composto. Infatti, nel caso in cui la teoria fondamentale violi CP, si ha un contributo al momento di dipolo elettrico dell'elettrone che può essere dell'ordine dell'attuale sensibilità sperimentale. Quindi, anche nel caso in cui l'Higgs parzialmente composto sia prevalentemente elementare (ovvero il *mixing* con il settore composto sia piccolo), ci aspettiamo delle deviazioni dalle predizioni SM che potrebbero essere rilevate dagli esperimenti nel vicino futuro.