

CANDIDATA: Elena Vigiani¹

RELATRICE: Dott. Stefania De Curtis² CORRELATORE: Dott. Michele Redi³

Modello effettivo con Higgs pseudo-bosone di Goldstone: analisi di termini non minimali

La scoperta di una particella scalare con massa di circa 125 GeV a LHC, rappresenta un grande successo per il Modello Standard (SM), ma per affermare se questa è proprio l'Higgs SM è necessario misurarne gli accoppiamenti. I dati raccolti fino ad ora sono in accordo con lo SM, esistono però vari argomenti che suggeriscono che questo possa essere solo una teoria effettiva valida fino ad una certa scala. Uno dei più convincenti è il problema della naturalezza (o gerarchia), dovuto all'inspiegabile separazione tra la scala di rottura elettrodebole $v \simeq 246$ GeV e la scala di Planck $\Lambda_{Pl} \simeq 10^{19}$ GeV, a cui entra in gioco la gravità. Se richiediamo che lo SM sia valido fino ad una scala Λ di nuova fisica, la massa dell'Higgs riceve correzioni radiative proporzionali a questa scala e, senza una simmetria che la protegga, un Higgs leggero come quello osservato può essere ottenuto solo a prezzo di un'improbabile cancellazione di termini di ordine Λ . Questo suggerisce l'esistenza di nuova fisica ad una scala molto inferiore a quella di Planck e di una simmetria che protegga la massa dell'Higgs. Esistono due possibilità: supersimmetria e simmetria di Goldstone. Consideriamo la seconda possibilità.

Il modello studiato nella tesi è costruito a partire dall'idea che l'Higgs sia uno stato composto, fatto da costituenti elementari fortemente accoppiati che, in uno studio effettivo di basse energie, non è necessario conoscere. Nel modello è presente un settore elementare debolmente interagente che descrive gli stati SM, e un settore forte contenente risonanze composte e l'Higgs. Il settore dei composti è caratterizzato, ad una scala f , dalla rottura spontanea di una simmetria globale $G \rightarrow H$, tale che il gruppo elettrodebole è incluso nel sottogruppo non rotto e i GB hanno i numeri quantici dell'Higgs SM. L'accoppiamento dei campi elementari al settore composto rompe esplicitamente, anche se debolmente, la simmetria G e l'Higgs risulta uno pseudo-bosone di Goldstone (pGB). Un potenziale per l'Higgs viene generato all'ordine *one-loop* e se questo ha forma tale da sviluppare un valore di aspettazione sul vuoto non nullo, si realizza la rottura spontanea della simmetria elettrodebole ad una scala $v < f$. Il fatto che l'Higgs sia pGB lo rende naturalmente più leggero delle altre risonanze del settore composto, in analogia con i pioni, pGB associati alla rottura spontanea della simmetria chirale approssimata della QCD.

Questo tipo di modelli è stato originariamente realizzato in teorie effettive 5D, che descrivono formalmente un numero infinito di risonanze di massa crescente. Questo fatto ne rende difficile l'analisi fenomenologica e ha portato alla formulazione di modelli effettivi 4D. In particolare il Modello di Higgs Composto 4D (4DCHM; De Curtis, Redi, Tesi, 2012), include solo le risonanze extra più leggere, potenzialmente accessibili a LHC, ma allo stesso tempo consente di riprodurre tutte le caratteristiche rilevanti dei modelli 5D con Higgs pGB composto e risulta altrettanto predittivo. Quantità di interesse fisico come il potenziale di Higgs sono infatti calcolabili.

Sebbene il 4DCHM derivi dall'estrema decostruzione di una teoria 5D, può essere pensato come un modello a se stante costruito sulla base di principi di simmetria. Assumendo un punto di vista 4D, le simmetrie ammettono l'introduzione di termini aggiuntivi nella Lagrangiana, detti non minimali, che non derivano dalla discretizzazione di una teoria 5D. L'idea che ha motivato il lavoro di tesi è quella di costruire la Lagrangiana effettiva più generale, al secondo ordine nelle derivate e quadratica nei campi, compatibile con le simmetrie e nella quale il potenziale di Higgs all'ordine *one-loop* sia UV-finito. Dopo aver costruito il 4DCHM non minimale, abbiamo quindi studiato le conseguenze dei nuovi termini sulla calcolabilità del potenziale, mostrando come questa sia collegata ad una nozione di "distanza" nella teoria. Infine abbiamo studiato l'effetto di questi termini sul parametro elettrodebole S , aprendo la strada ad un'analisi delle loro conseguenze fenomenologiche.

¹elena.vigiani@stud.unifi.it

²decurtis@fi.infn.it

³michele.redi@fi.infn.it