

# IL BOSONE DI HIGGS COME PARTICELLA PARZIALMENTE COMPOSTA

Candidato: *Fabio Berti* berti.fabio@outlook.com  
Relatore: *Dott.ssa Stefania De Curtis* decurtis@fi.infn.it  
Controrelatore: *Prof. Giulio Pettini* pettini@fi.infn.it

In questo lavoro di Tesi abbiamo studiato alcuni aspetti di un modello di fisica oltre il Modello Standard che si colloca nello scenario noto come confinamento vettoriale. Questo scenario è caratterizzato dall'introduzione di nuovi fermioni, gli ultra-fermioni, vettoriali rispetto al gruppo di *gauge* del Modello Standard (SM). Questi sono soggetti ad una nuova forza di natura confinante, la quale, ad energie al di sotto della scala di condensazione, genera stati legati. Tale condensazione è responsabile della rottura spontanea della simmetria di ultra-sapore.

In particolare abbiamo analizzato un modello in cui gli ultra-fermioni hanno numeri quantici tali da permettere accoppiamenti di Yukawa con il doppietto di Higgs elementare dello SM. In questo caso infatti, fra gli pseudo-bosoni di Goldstone, associati alla rottura della simmetria di ultra-sapore, è presente un campo con gli stessi numeri quantici di tale Higgs. Si realizza così un modello con due doppietti di Higgs, uno dei quali composto, che in generale possono mischiarsi, generando così un bosone di Higgs parzialmente composto.

Lo scopo di questo studio è l'analisi dell'evoluzione con l'energia di alcune costanti di accoppiamento della teoria. In particolare ci siamo concentrati sull'analisi del *running* dell'accoppiamento di Yukawa del quark top e su come tale *running* è modificato nel modello con Higgs parzialmente composto in esame rispetto a quello predetto dallo SM.

Nella parte introduttiva di questo lavoro, dopo una breve introduzione al Modello Standard, abbiamo elencato alcune delle motivazioni che nel corso degli anni hanno guidato la ricerca di fisica oltre il Modello Standard.

In seguito, dopo aver brevemente richiamato i concetti alla base delle teorie di campo effettive, abbiamo introdotto il formalismo di Callan-Coleman-Wess-Zumino (CCWZ), il quale fornisce gli strumenti necessari alla costruzione di una lagrangiana effettiva che descriva la dinamica dei bosoni di Goldstone associati ad un dato schema di rottura della simmetria.

Nella prima parte di questo lavoro, abbiamo descritto il particolare modello utilizzato.

Abbiamo introdotto, nell'ambito dello scenario di confinamento vettoriale, una teoria fondamentale ad alta energia, in cui i nuovi fermioni sono dati da un doppietto elettro-debole,  $L$ , ed un singoletto elettro-debole,  $N$ , i quali sono soggetti ad una nuova interazione di natura confinante e hanno numeri quantici tali da permettere accoppiamenti di Yukawa con il bosone di Higgs elementare. In questo modello la simmetria di ultra-sapore,  $SU(3)_L \times SU(3)_R$ , è rotta dai condensati al sottogruppo diagonale,  $SU(3)_V$ , generando 8 bosoni di Goldstone.

Abbiamo poi costruito, utilizzando il formalismo CCWZ, una teoria effettiva che descrive la dinamica dei condensati al di sotto della scala di confinamento della nuova interazione. Tale teoria è caratterizzata, come anticipato, dalla presenza di un condensato,  $K$  con gli stessi numeri quantici dell'Higgs elementare. Nell'ambito del modello introdotto, abbiamo dunque analizzato il meccanismo di rottura spontanea della simmetria elettro-debole ed il ruolo che i due doppietti di Higgs, elementare e composto, hanno in questo meccanismo.

Nella seconda parte di questo lavoro, abbiamo calcolato le funzioni  $\beta$  all'ordine *1-loop* nella fase di alta energia della teoria, i cui gradi di libertà sono rappresentati dalle particelle dello SM e dai nuovi fermioni, la cui dinamica è descritta dalla teoria fondamentale. In particolare, abbiamo ottenuto in questa fase le funzioni  $\beta$  degli accoppiamenti di Yukawa del quark top e dei nuovi fermioni all'Higgs elementare, e dell'accoppiamento di interazione quartica dell'Higgs elementare.

Successivamente, abbiamo calcolato le funzioni  $\beta$  all'ordine *1-loop* nella fase condensata della teoria, i cui gradi di libertà sono rappresentati dalle particelle dello SM e dagli pseudo-bosoni di Goldstone associati alla rottura della simmetria di ultra-sapore, la cui dinamica è descritta dalla teoria effettiva costruita precedentemente. In particolare, abbiamo ottenuto in questa fase le funzioni  $\beta$  dell'accoppiamento di Yukawa del quark top e dell'accoppiamento di interazione quartica dell'Higgs elementare.

Infine, nella parte conclusiva di questo lavoro di Tesi, abbiamo analizzato l'evoluzione complessiva, nelle varie regioni di energia della teoria, delle costanti di accoppiamento. In particolare, come detto, abbiamo considerato il *running* dell'accoppiamento di Yukawa del quark top,  $y_t$ .

La conclusione è che, nel caso in cui il bosone di Higgs sia prevalentemente elementare, la teoria può essere estrapolata fino a scale di energia dell'ordine della massa di Planck. Viceversa, nel caso in cui la componente composta sia prevalente nella miscela,  $y_t$  presenta un polo di Landau ad energie che possono essere ben al di sotto della massa di Planck a seconda del grado di compostezza.

Un'analisi completa richiede comunque lo studio dell'evoluzione delle restanti costanti di accoppiamento della teoria, ciò nonostante, i risultati ottenuti in questo lavoro forniscono un limite sul grado di compostezza del bosone di Higgs, oltre il quale altri contributi devono intervenire per rendere la teoria calcolabile.