

HIGGS BOSON AND VACUUM STABILITY IN MODELS WITH EXTENDED SCALAR SECTOR

Streszczenie

Niniejsza dysertacja poświęcona jest badaniu modeli z dwoma dubletami pól Higgsa (ang. *Two-Higgs-Doublet Model*, *2HDM*) opisywanych potencjałem skalarnym z symetrią typu $\mathbb{Z}_2$. Analizowane są dwa rodzaje modeli 2HDM różniące się wyborem stanu próżni. Pierwszy z nich to tzw. 2HDM (mixed), który łamie symetrię potencjału, gdyż w stanie próżni neutralne składowe obu skalarnych dubletów uzyskują niezerową próżniową wartość oczekiwaną. Drugi, model z biernym dubletem pól skalarnych (ang. *Inert Doublet Model*, *IDM*) posiadający jedną niezerową próżniową wartość oczekiwaną i zachowujący tym samym symetrię potencjału, jest głównym przedmiotem niniejszej pracy. Zawiera on bozon Higgsa o własnościach zbliżonych do własności bozonu Higgsa z Modelu Standardowego (ang. *Standard Model*, *SM*) oraz kandydatkę na cząstkę ciemnej materii.

Pierwsza część niniejszej pracy jest poświęcona analizie przestrzeni parametrów badanych modeli 2HDM. Modele te są ograniczane przez rozmaite warunki i pomiary takie jak: dodatniość potencjału, stabilność stanu próżni, perturbacyjna unitarność, precyzyjne dane elektroślabe oraz ograniczenia z akceleratora LEP. Ponadto bierzemy pod uwagę fakt, że cząstka skalarna odkryta w LHC ma własności standardowego bozonu Higgsa oraz masę około 125 GeV. Dozwolone obszary są przedstawione w przestrzeni parametrów potencjału oraz fizycznych mas cząstek. W modelu 2HDM (mixed), w przypadku gdy najlżejsza cząstka skalarna o dodatniej parzystości CP pełni rolę bozonu Higgsa, prezentujemy nowe silne ograniczenie na parametr $\tan\beta$, niezależnie od typu oddziaływań Yukawy. W modelu IDM, w oparciu o warunek stabilności próżni, wyprowadzamy ograniczenie na parametr masowy potencjału, które wyklucza interesujący z fenomenologicznego punktu widzenia obszar przestrzeni parametrów.

W drugiej części niniejszej dysertacji w oparciu o dane eksperymentalne dotyczące bozonu Higgsa, wyprowadzamy ograniczenia na możliwe własności nowych cząstek skalarnych w IDM. W pierwszej kolejności analizowany jest rozpad bozonu Higgsa na dwa fotony. Pokazujemy, że dodatkowe skalary, w szczególności cząstka naładowana oraz kandydatka na cząstkę ciemnej materii, mogą znacząco wpływać na siłę sygnału dla tego rozpadu. Z tego faktu wyprowadzamy silne ograniczenia na masy tych cząstek. Następnie, analizowany jest rozpad bozonu Higgsa na bozon Z oraz foton. Pokazujemy, że korelacja między siłami sygnału w tym kanale oraz kanale dwufotonowym jest pozytywna, co stwarza możliwość poddania IDM eksperymentalnej weryfikacji. Ponadto, badamy stosunek rozgałęzień rozpadu bozonu Higgsa na cząstki niewidzialne oraz jego całkowitą szerokość rozpadu, co pozwala na wyprowadzenie ograniczeń na masę cząstki ciemnej materii oraz jej sprzężenie do bozonu Higgsa. W dalszej części wyniki dotyczące bozonu Higgsa są połączone z danymi dotyczącymi ciemnej materii. Wyprowadzamy istotne ograniczenia i wykluczenia dotyczące różnych możliwych scenariuszy istnienia ciemnej materii, pokazując tym samym, że łączenie różnych źródeł danych może być niezwykle owocne. Nasze ograniczenia wynikające z tej analizy przetłumaczone na ograniczenie parametrów próbkowanych przez eksperymenty bezpośredniej detekcji ciemnej materii okazują się być porównywalne lub nawet silniejsze od wyników tych dedykowanych poszukiwań ciemnej materii.

W ostatniej części niniejszej pracy analizowany jest problem stabilności stanu próżni, w szczególności wpływ jaki mają na niego dodatkowe cząstki skalarne. Badamy to zagadnienie na dwa różne sposoby. W ramach pierwszego podejścia zakładamy, że dodatkowe skalary są ciężkie i w związku z tym mogą dawać wkład do potencjału efektywnego jedynie poprzez efekty pętlowe. Pokazujemy, że dodatkowe skalary mogą zmodyfikować strukturę potencjału efektywnego i zdestabilizować stan próżni, wprowadzając dodatkowe głębsze minimum. Dodatkowo, konfrontując obszary parametrów, w których możliwa jest destabilizacja próżni z ograniczeniami teoretycznymi i doświadczalnymi, pokazujemy, że w IDM taki scenariusz nie jest możliwy. Drugie podejście do problemu stabilności próżni stosowane w niniejszej pracy pozwala na obecność wszystkich pól skalarnych w potencjale efektywnym, stwarzając tym samym możliwość zbadania współistnienia różnych typów minimów. Pokazujemy, że minima typu inert oraz inert-like mogą współistnieć na poziomie pętlowym, w szerszym zakresie parametrów niż na poziomie drzewowym. Co więcej, pokazujemy, że poprawki pętlowe mogą odwrócić uporządkowanie próżni, tzn. drzewowe minimum globalne może stać się na poziomie pętlowym minimum lokalnym. To pokazuje jak istotne może być wyjście poza poziom drzewowy w analizie stabilności próżni.