

Streszczenie pracy doktorskiej

W pracy doktorskiej omówiono rozszerzenia Modelu Standardowego Cząstek Elementarnych, w szczególności modele z rozszerzonym sektorem skalarnym: modele wielosingletowe z symetrią $O(N)$, modele z dwoma dubletami pól Higgsa (2HDM) oraz modele z dwoma dubletami pól Higgsa i singletem skalarnym (2HDMS). Omówione zostały zagadnienia teoretyczne, takie jak unitarność, stabilność próżni, łamanie symetrii elektroslabej, trywialność, problem małej hierarchii. Rozważono potencjalnych kandydatów na ciemną materię i opisane zostały kosmologiczne ograniczenia przestrzeni parametrów: wyniki z WMAP/Planck i eksperymentów bezpośredniej detekcji ciemnej materii. Został opisany szczególny przypadek dwuskładnikowej fermionowo-skalarnej ciemnej materii. Również w pracy przedstawiono problem łamania izospinu w oddziaływaniach ciemnej materii z protonami i neutronami i jego konsekwencje dla eksperymentów bezpośredniej detekcji ciemnej materii. Uwzględniono wyniki z eksperymentów z LHC, LEP.

Modele Wielosingletowe z Symetrią $O(N)$

W pracy rozważono rozszerzenia Modelu Standardowego z dodatkowymi N skalarnymi polami, będącymi singletami ze względu na grupę symetrii cechowania $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ i posiadającymi własną globalną grupę symetrii $O(N)$. Jest to jeden z najprostszych możliwych kierunków poszukiwania ciemnej materii - taki model przewiduje istnienie cząstek ciemnej materii nie wprowadzając innych dodatkowych pól (w przeciwieństwie do m.in. modeli sypersymetrycznych). W świetle obecnych wyników eksperymentalnych i braku obecności sygnałów wskazujących na istnienie cząstek poza Modelem Standardowym, niebędących ciemną materią, tego typu modele wydają się być szczególnie atrakcyjne. Dodatkowo w modelu $O(N)$ możliwe jest kasowanie lub znaczne zmniejszenie poprawek do masy bozonu Higgsa, czyli rozwiązanie tzw. problemu małej hierarchii.

Większość modeli opisujących ciemną materię zakłada, że jest ona zrobiona z cząstek jednego rodzaju. Takie założenie nie jest konieczne, a modele wieloskładnikowe są niezwykle atrakcyjne ze względu na m.in. możliwość wyjaśnienia problemu gęstości materii w centrach galaktyk lub rozbieżności pomiędzy wynikami różnych eksperymentów poszukujących ciemnej materii. W pracy doktorskiej przeanalizowano ewolucję gęstości wieloskładnikowej ciemnej materii we wczesnym Wszechświecie. Opisany został scenariusz N -składnikowej $O(N)$ -symetrycznej skalarnej ciemnej materii w przypadku termalizacji oraz braku termalizacji we wczesnym Wszechświecie.

Dwuskładnikowa Ciemna Materia

W pracy przeanalizowano model dwuskładnikowej ciemnej materii, w której jeden ze składników jest skalarem, drugi fermionem (oba pola są singletami grupy cechowania Modelu Standardowego). W modelu dwuskładnikowym rozwiązano w przybliżony sposób układ równań Boltzmanna, opisujący ewolucję gęstości ciemnej materii. Opisano możliwe ograniczenia parametrów modelu: wyniki z WMAP, wyniki z eksperymentów bezpośredniej detekcji ciemnej materii, zgodność z wynikami z LHC i LEP.

Model Dwudubletowy (2HDM)

Model dwudubletowy zakłada istnienie dwóch dubletów pól Higgsa (w kontraście do jednego dubletu obecnego w Modelu Standardowym), dzięki czemu przewiduje istnienie więcej niż jednego bozonu Higgsa. W pracy opisana została struktura modelu, w szczególności przeanalizowano możliwość obserwacji silnego sygnału w kanale rozpadu bozonu Higgsa o masie ~ 125 GeV na dwa fotony (wzmocnienia sygnału w stosunku do sygnału przewidywanego przez Model Standardowy).

Model Dwudubletowy z singletem skalarnym (2HDMS)

W modelu 2HDMS przeanalizowano ograniczenia teoretyczne, opisano analizę zgodności modelu z wynikami WMAP/Planck oraz eksperymentów bezpośredniej detekcji, z uwzględnieniem możliwości łamania izospinu w oddziaływaniach ciemna materia - nukleon. Uwzględnione zostały wszelkie dostępne ograniczenia akceleratorowe.