

Dynamiczny wybór próżni w rozszerzeniach Modelu Standardowego - konsekwencje kosmologiczne w kontekście badań doświadczalnych

*Streszczenie popularnonaukowe w języku polskim*

Wielkim triumfem fizyki cząstek elementarnych i oddziaływań fundamentalnych jest stworzenie Modelu Standardowego, który satysfakcjonująco opisuje wyniki eksperymentów wykonywanych przy energiach wyższych niż energia Fermiego, tzn. energia po osiągnięciu której odtwarza się symetria elektroslaba - elektromagnetyzm i oddziaływania słabe zachowują się w dobrym przybliżeniu jak jeden rodzaj oddziaływania. Jednak model ten ma wiele parametrów i cierpi z powodu kilku problemów teoretycznych. Dzisiaj nie rozumiemy związków między parametrami SM ani absolutnych wielkości tych parametrów, które bardzo różnią się między sobą. Na dodatek, Model Standardowy ma kłopot z opisem tak kluczowych zjawisk kosmologicznych jak bariogeneza czy inflacja, nie wspominając o zagadce wyboru właściwej niskoenergetycznej próżni (co jest przejawem wielkiego problemu hierarchii). Jedną z przyczyn kłopotów jest konieczność zanurzenia Modelu Standardowego w konsystentną teorię opisującą wszechświat przy bardzo wysokich energiach (i temperaturach), być może dramatycznie wyższych niż skala Fermiego. Fizycy są przekonani, że Wielki Zderzacz Hadronów (LHC) umożliwi rozszerzenie wiedzy o szczegółach mechanizmu naruszenia symetrii elektroslabej i ułatwi budowę naprawdę fundamentalnej teorii oddziaływań podstawowych. Jednakże, to właśnie Wczesny Wszechświat jest naturalną areną zdarzeń opisywanych przez fizykę cząstek elementarnych. Ostatnio pojawił się nowy ważny wynik eksperymentalny w tym obszarze - odkrycie fal grawitacyjnych pochodzących ze zderzenia dwu czarnych dziur przez współpracę VIRGO/LIGO, który otwiera drogę do rozwoju spektroskopii grawitacyjnej. Jest to nowa i potencjalnie potężna metoda poznawania struktury wszechświata, ponieważ praktycznie wszystkie zdarzenia kosmologiczne generują promieniowanie grawitacyjne. W przedstawianym projekcie zamierzamy łączyć dane kosmologiczne i astrofizyczne z wynikami precyzyjnych pomiarów prowadzonych w LHC w celu ograniczenia dowolności i arbitralności występujących w konstruowaniu nowych teorii wykraczających poza Model Standardowy oddziaływań elementarnych (BSM). W szczególności skoncentrujemy się na problemach związanych z bariogenezą i (meta)stabilnością próżni oraz na możliwościach realizacji mechanizmu dynamicznego (a nie przypadkowego) wyboru właściwej próżni w trakcie ewolucji wczesnego wszechświata. Badać będziemy proste i naturalne modele z rozszerzonym sektorem pól Higgsa, w tym modele zawierające lekkie pola skalarnie i pseudoskalarnie. Analiza wysokoenergetycznych rozszerzeń Modelu Standardowego w kontekście danych pochodzących z LHC i komplementarnych test kosmologicznych zaproponowana w tym projekcie pozwala na zadanie dwu fundamentalnych pytań i pojęcie próby udzielenia na nie odpowiedzi. Po pierwsze, pytania o to jak Przyroda wybiera spośród wielu możliwości taki stan niskoenergetycznej próżni, który odpowiada obserwowanej hierarchii skal masowych? Po drugie - w jaki sposób realizowana jest stabilność tej próżni w kontekście możliwych katastrof podczas ewolucji kosmologicznej przy jednoczesnym wytworzeniu wystarczająco dużej asymetrii barionowej? Mamy też nadzieję rozszerzyć ogólną wiedzę o historii naszego Wszechświata. W rezultacie, powinniśmy dowiedzieć się czegoś nowego o matematycznej strukturze rozszerzeń Modelu Standardowego.