

Asymptotyczne bezpieczeństwo w teorii grawitacji, portal Higgsa i Konforemny Model Standardowy

Popularnonaukowe streszczenie projektu

Odkrycie bozonu Higgsa w 2012 roku potwierdziło w całości przewidywania Modelu Standardowego cząstek elementarnych. Pozwala on na przewidywanie wyników eksperymentów przeprowadzanych w akceleratorach cząstek z dużą precyzją. Jednak z wielu względów zarówno obserwacyjnych jak i teoretycznych powinien być on uzupełniony o dodatkowe oddziaływania. Posiada on dziewiętnaście wolnych parametrów, których wartości nie potrafimy wytłumaczyć. Ponadto model ten ma kłopot z opisem kluczowych zjawisk z fizyki Wczesnego Wszechświata, takich jak bariogeneza czy inflacja. Boryka się także z problemami teoretycznymi, niezwiązanymi z bezpośrednią obserwacją. Jednym z nich jest problem hierarchii, czyli problem właściwego wyboru niskoenergetycznej próżni w tym modelu.

Jedną z propozycji rozwiązania tych problemów jest Konforemny Model Standardowy, należący do szerszej klasy modeli, które będziemy nazywać modelami z portalem Higgsa. Opierają się one na dodaniu dodatkowej cząstki skalarnej, która będzie oddziaływać głównie z bozonem Higgsa. Konforemny Model Standardowy pomimo niewielkiego rozszerzenia obecnej teorii przewiduje mechanizm pozwalający na bariogenezę poprzez rezonansową leptogenezę, a jego dalsze rozszerzenia pozwalają na rozszerzenie go o zgodny z danymi z sondy Planck mechanizm inflacji. Problem hierarchii jest rozwiązany poprzez mechanizm miękko złamanej symetrii konforemnej. Mechanizm ten ma wynikać z nieznaney jeszcze teorii fundamentalnej.

Zostało zaproponowanych wiele modeli kwantyzacji teorii Einsteina, takich jak teoria strun lub pętlowa grawitacja kwantowa. Zaproponowana przez Stevena Weinberga hipoteza mówi, że pomimo tego, że grawitacja jest nierenormalizowalna, posiada ona dobrze określone zachowanie dla bardzo dużych energii, czyli posiada ona ultrafioletowy oddziałujący punkt stały, który pozwala na traktowanie tej teorii jako fundamentalnej. Okazuje się, że założenie tej niepotwierdzonej jeszcze hipotezy ma ogromny wpływ na fizykę cząstek elementarnych. Można pokazać, że wtedy masa bozonu Higgsa przestaje być dowolna, a może być dokładnie jedna. Jednak Model Standardowy, nawet uzupełniony asymptotyczną swobodą nie może być kompletny.

Celem tego projektu jest pokazanie jakie następstwa ma hipoteza Weinberga dla rozszerzeń Modelu Standardowego. Przy pewnych dodatkowych założeniach, które zamierzamy uwodnić poprzez przeprowadzenie teoretycznych badań, będzie można przewidzieć masę drugiej cząstki skalarnej postulowanej przez modele z portalem Higgsa oraz jej oddziaływanie z bozonem Higgsa. Dałoby to ilościowe przewidywania dla modeli tego typu, które może być sprawdzone w Wielkim Zderzaczu Hadronów. Dla Konforemnego Modelu Standardowego będzie można także określić masę cząstki ciemnej materii postulowanej przez ten model.

Jednakże to wczesne etapy ewolucji Wszechświata są naturalną areną zdarzeń opisywanych przez te modele. Modele inflacyjne, w których rolę pól wywołujących inflację są nieminimalnie sprzężone pole Higgsa (pole związane z bozonem Higgsa) oraz drugie pole, pochodzące od portalu Higgsa, są obecnie jednymi z najpoważniejszych kandydatów do wyjaśnienia tego zjawiska. Nakładają one wraz z leptogenezą ograniczenia na parametry Konforemnego Modelu Standardowego. W naszej pracy chcielibyśmy zbadać te ograniczenia i porównać je z wynikami uzyskanymi przy założeniu o asymptotycznym bezpieczeństwie.

Na koniec można zauważyć pewne podobieństwa w założeniach mechanizmu miękko złamanej symetrii konforemnej i zachowaniu się teorii asymptotycznie bezpiecznych. Będziemy próbowali wyprowadzić ten mechanizm z hipotezy Weinberga. Wtedy pokazalibyśmy, że skale energii obserwowalne w Konforemnych Modelu Standardowym rzeczywiście wynikają z fundamentalnej teorii i jest nią asymptotycznie bezpieczna teoria grawitacji kwantowej.