

# Rola symetrii skalowania w rozwiązaniu problemu hierarchii Modelu Standardowego cząstek elementarnych

## Popularnonaukowe streszczenie projektu

Rozważając modele opisujące cząstki elementarne, fizycy bardzo często zmuszeni są polegać na rachunku perturbacyjnym. Do zaproponowanego przez nich wyjściowego opisu cząstek i ich oddziaływań, konieczne jest dodanie poprawek kwantowych, obliczenie których odsłania przed nimi prawdziwszą wersję opisywanych zjawisk. Poprawki te modyfikują ilościowo, a niekiedy nawet jakościowo, przewidywania modelu. Zmieniają relacje między siłami oddziaływania cząstek i ich masy. Mogą też ujawnić, że opisywany układ jest niestabilny, i w rzeczywistości rozpocząłby dynamiczną ewolucję. Poza bogactwem interesujących zjawisk, poprawki dostarczyć mogą jednak także problemów teoretycznych. Przykładem jest problem hierarchii Modelu Standardowego. Model Standardowy jest najdokładniejszą, znaną dziś teorią opisującą wszystkie obserwowane w akceleratorach zjawiska. Fizycy jednak nie spoczywają na laurach i już dziś, budując na dotychczasowym sukcesie, proponują rozszerzenia Modelu Standardowego o nowe, ekstremalnie ciężkie, nieobserwowane dotychczas cząstki, pomagające wyjaśnić jeszcze więcej zjawisk. W Modelu Standardowym występuje jeden wymiarowy parametr, masa bozonu Higgsa. Jego eksperymentalna wartość, którą chcielibyśmy odtwarzać w teorii po uwzględnieniu poprawek, jest stosunkowo niewielka. Problem w tym, by zaproponować rozszerzenie, w którym dodanie ciężkiej cząstki nie skutkuje obecnością dużych poprawek do masy bozonu Higgsa. W każdym takim naiwnym rozszerzeniu, natura pozornie konspirowuje przeciwko badaczom, tak aranżując parametry modelu, by poprawki kwantowe kasowały znaczącą część wyjściowej wartości parametru masowego. Fizykom trudno pogodzić się z taką sytuacją. Powszechne jest domniemanie, że uczynienie masy bozonu Higgsa naturalnie małą, tj. nieczułą na poprawki, jest wartościowym tropem przy próbach rozszerzenia Modelu Standardowego.

Jedną z możliwości jest użycie symetrii skalowania. Skalowania oznacza tu transformację polegającą na zwielokrotnieniu wartości pól kwantowych (w potęgze zależnej od ich spinu) i proporcjonalnym skróceniu odległości w czasoprzestrzeni. Duża część Modelu Standardowego jest niezmiennicza ze względu na tę transformację na poziomie klasycznym. Nawet ta część jednak łamie symetrię skalowania na poziomie poprawek kwantowych.

Celem tego projektu jest zbadanie modeli, w których symetria skalowania jest obecna i zachowywana przez zjawiska kwantowe. Ekscytującym aspektem tych starań będzie wykorzystanie nietypowego sposobu obliczenia poprawek, tzw. przepisu SI (ang. *scale invariant*). Użycie tego przepisu wymusza modyfikację typowych modeli oddziaływań cząstek i stanowi odpowiedź, jak konstruować teorie niezmiennicze ze względu na skalowanie także na poziomie kwantowym. Po zbadaniu uniwersalnych matematycznych implikacji metody SI, mamy nadzieję zaproponować wykorzystujące ją, nowatorskie rozszerzenie Modelu Standardowego, wolne od opisanego problemu hierarchii.