

Konsekwencje asymptotycznego bezpieczeństwa w teorii grawitacji i teorii cząstek Popularnonaukowe streszczenie projektu

Wraz z odkryciem bozonu Higgsa w 2012 wszystkie przewidywania Modelu Standardowego cząstek elementarnych zostały w całości potwierdzone. Mimo to nadal nie wiemy skąd pochodzi struktura tego Modelu, na przykład nie wiemy skąd się biorą grupy cechowania (dlaczego jest 8 gluonów i tylko jeden foton) tego Modelu, czemu każda cząstka materii występuje w trzech różniących się masą kopiach (liczba generacji) i dlaczego te masy przyjmują daną konkretną wartość. Dla fizyków są to pytania o fundamentalnym znaczeniu.

Jak dotąd nie udało się w pełni połączyć teorii grawitacji Einsteina z mechaniką kwantową. Bez takiej teorii nie potrafimy w pełni opisać czarnych dziur czy tego, co się działo w momencie Wielkiego Wybuchu. Ta teoria nie została stworzona, ponieważ aby ją opisać jako teorię kwantową wymagane jest wykonanie nieskończonej ilości eksperymentów, w których mierzone byłyby wszystkie możliwe sprzężenia. Mając zmierzone wartości tych sprzężeń możemy w sposób jednoznaczny testować przewidywania teorii fizycznych. Jednak jest to nie możliwe. W związku z tym zostało zaproponowanych wiele modeli, które modyfikują tę teorię tak aby można było ją opisać na poziomie kwantowym.

Zaproponowana przez Stevena Weinberga hipoteza asymptotycznego bezpieczeństwa postuluje, że żadna z tych modyfikacji nie jest potrzebna. Mówi ona, że przy pomocy tak zwanego warunku asymptotycznego bezpieczeństwa, czyli tego, że teoria ma przewidywania dla dowolnych zakresów energii, można przewidzieć wartości prawie wszystkich sprzężeń. Dotychczas nie jest ona w pełni potwierdzona, jednak wszystkie obliczenia na nią wskazują. Ponadto okazuje się, że ta hipoteza może być kluczem do wyjaśnienia obserwowalnych własności Modelu Standardowego. Przy jej pomocy można pokazać, że masy (niektórych) cząstek przestają być dowolne i przyjmują zgodne z eksperymentem wartości. Jednak Model Standardowy, nawet uzupełniony o asymptotyczne bezpieczną grawitację nie może być kompletny.

Teorie Wielkiej Unifikacji pozwalają, przynajmniej częściowo, odpowiedzieć na pytania dotyczące struktury Modelu Standardowego, takich jak liczba generacji czy grupy cechowania. Jednak modele te, poza najprostszymi już wyeliminowanymi, mają bardzo wiele wolnych parametrów, przez co ciężko je zweryfikować eksperymentalnie.

W naszym projekcie planujemy połączyć te dwie idee, aby wytłumaczyć strukturę Modelu Standardowego, jako niskoenergetycznego przybliżenia Teorii Wielkiej Unifikacji i grawitacji kwantowej. Zależnie od uzyskanych wyników albo pokażemy, że struktura obecnej teorii cząstek wynika bezpośrednio z Teorii Wielkiej Unifikacji i grawitacji kwantowej, lub udowodnimy, że Model Standardowy nie może być wyprowadzony w ten sposób. Obydwa wyniki będą interesujące i pozwolą na dogłębne zrozumienie podstaw teoretycznych tych modeli.

Ponadto Teorie Wielkiej Unifikacji i asymptotycznie bezpieczna kwantowa grawitacja są jednymi z niskoenergetycznych przybliżeń teorii strun. Nasza praca wpisuje się zatem w szerszy kontekst (tak zwany program swamplandu) poszukiwania niskoenergetycznych, spójnych przybliżeń teorii strun. W związku z tym, że to te niskoenergetyczne teorie obserwujemy w akceleratorach, to nasze wyniki mogą potencjalnie przyczynić się do potwierdzenia lub zaprzeczenia przewidywań wynikających z teorii strun, innych niż te dotychczas dyskutowane w literaturze.