

Fizyka zapachu w poszukiwaniach rozszerzeń Modelu Standardowego (streszczenie popularnonaukowe)

Cel prowadzonych badań/hipoteza badawcza

Odkrycie bozonu Higgsa w kolajderze LHC potwierdziło eksperymentalnie ostatni element struktury teoretycznej Model Standardowego oddziaływań elementarnych (SM). SM okazał się niezwykle sukcesem - od wynalezienia ponad 40 lat temu był on w stanie opisać wszystkie rezultaty eksperymentalne, mimo ich rosnącej precyzji. Dopiero ostatnie kosmologiczne obserwacje ciemnej materii i ciemnej energii, stanowiących większość masy Wszechświata, nie dają się wyjaśnić w ramach SM. Te obserwacje, wraz z pewnymi teoretycznymi niedoskonałościami SM, sugerują że nie jest to ostateczna Teoria Wszystkiego. Dlatego, poszukiwania ogólniejszej teorii są kluczowe dla naszego zrozumienia praw Natury. Takie poszukiwania mogą być prowadzone w akceleratorach wysokich energii, gdzie nowe cząstki mogą zostać bezpośrednio wyprodukowane, albo analizując dokładne pomiary robione przy niższych energiach. W tym ostatnim przypadku możemy mieć nadzieję na znalezienie efektów kwantowych poprawek od nowych cząstek, (nawet jeżeli są one za ciężkie aby mogły być wyprodukowane w istniejących akceleratorach!). W obecnym projekcie podążamy drugim tropem, planując użyć precyzyjnych danych z *fizyki zapachu* (czyli fizyki procesów zmiany jednego rodzaju kwarków lub leptonów, rozróżnianych przez liczbę kwantową zwaną zwyczajowo "zapachem", na inny), do testowania fizyki poza SM (z ang. BSM)

LHC jest pierwszym kolajderem w którym ciężkie kwarki t i bozony Higgsa są produkowane w ilościach na tyle dużych żeby dało się zmierzyć ich nie-standardowe sprzężenia. Opublikowane zostały ostatnio również nowe dane dotyczące bardzo rzadkich rozpadów mezonów B (eksperymenty LHCb, Babar i Belle), sugerujące nawet istnienie pewnych, nie w pełni jeszcze potwierdzonych, odchyłeń od przewidywań SM.

W naszym projekcie planujemy przeprowadzić badania teoretyczne oparte na analizie takich nowych i przyszłych danych fizyki zapachu ukierunkowane na znalezienie dowodów istnienia nowych ciężkich cząstek i ich oddziaływań.

Metodyka

Nasze badania pójdą w trzech kierunkach. Zaczniemy od analizy niezależnej od wyboru konkretnej teorii BSM - można to zrobić dodając do SM *wszystkie* możliwe oddziaływania które mogą powstać jako efektywna niskoenergetyczna granica rozszerzeń SM i porównując je z danymi doświadczalnymi aby znaleźć ograniczenia na wielkość nowych członów. Takie oszacowania są w pełni ogólne ale zazwyczaj niezbyt silne, można je ulepszyć rozpatrując poszczególne modele BSM. Dlatego, w drugim etapie naszych badań rozważymy najbardziej obiecujące teorie fizyki BSM - wykazujące nowe symetrie (jak np. supersymetria), zawierające dodatkowe bozony Higgsa lub bozony przenoszące nowe "super-słabe" oddziaływania, albo jeszcze egzotyczniejsze cząstki - tzw. leptokwarki albo fermiony wektorowe. Nasze badania pomogą w wyborze modeli BSM najlepiej odtwarzających dane.

W oparciu o nasze badania, planujemy też rozwinąć i opublikować biblioteki komputerowe ułatwiające obliczenia (numeryczne i analityczne) w fizyce zapachu dla całej społeczności fizyków wysokich energii.

Wpływ spodziewanych rezultatów na rozwój nauki

Zrozumienie skali energii i struktury oddziaływań BSM rozwiązujących doświadczalne i teoretyczne problemy SM jest głównym celem współczesnej fizyki cząstek elementarnych. Nasz projekt pomoże zrealizować ten cel poprzez poszukiwania śladów "nowej fizyki" w precyzyjnych pomiarach procesów zmiany zapachu. Znalezienie informacji o dozwolonym zakresie mas i sprzężeń nowych cząstek ułatwi też ich bezpośrednie poszukiwania w LHC albo w przyszłych akceleratorach.