

Streszczenie

Istnieją silne argumenty za punktem widzenia, że Model Standardowy (MS) oddziaływań elementarnych jest tylko teorią efektywną, niskoenergetycznym przybliżeniem jakiejś bardziej fundamentalnej teorii. Jednym z bardzo ważnych procesów, który może rzucić światło na teorię głębszą, jest rozpraszanie elektrosłabych bozonów wektorowych, W oraz Z . Proces ten jest pośrednio dostępny w eksperymencie LHC, szczególnie w fazie wysokiej świetlności (HL-LHC), przez reakcję $pp \rightarrow 2$ dżety + 2 pary leptonów. Proces rozpraszania bozonów wektorowych jest najbardziej bezpośrednim testem mechanizmu naruszenia symetrii elektrosłabej, a także czuły jest na istnienie nowych cząstek oddziałujących elektrosłabo.

Istnieją dwa generalne podejścia do poszukiwań teorii wychodzącej poza MS. Jedno to proponowanie i badanie konkretnych modeli, drugie bazuje na tak zwanej Efektywnej Teorii Pola (Effective Field Theory, EFT). Siła i skuteczność podejścia przez EFT wynika z faktu, że możliwe jest badanie potencjału odkrywczego fizyki wychodzącej poza MS, bez znajomości pełnych teorii. EFT jest szczególnie użyteczne tak długo, jak żadne nowe cząstki nie są bezpośrednio odkryte doświadczalnie, ale ich istnienie mogłoby się przejawiać przy energiach dużo niższych niż ich masy Λ ($E \ll \Lambda$), jako poprawki do przewidywań MS tłumione jak (E/Λ) . Te poprawki mogą być parametryzowane przez nierenormalizowalne operatory dodane do Lagranżjanu MS. Podejście przez EFT bazuje na uzasadnionym założeniu, że ograniczona liczba zadanych operatorów stanowi dobre przybliżenie pewnych klas kompletnych modeli, gdy $E \ll \Lambda$. Każdy wybór ograniczonego zbioru operatorów, z ich współczynnikami (Wilsona) wziętymi z jakimiś (dowolnymi) ustalonymi wartościami, definiuje "model" EFT, który ma być testowany względem jego potencjału odkrywczego. Na tym etapie może być oszacowana przewidywana skala odchyień względem MS, tak samo jak efekty od różnych nierenormalizowalnych operatorów, w badanych rozkładach kinematycznych. Kiedy przyszłe dane będą dostępne i pokażą istotne odchylenia od MS, analiza w ramach "modeli" EFT posłuży jako wskazówka w kierunku konkretnych głębszych modeli. Ogólny nowy element tej pracy, ważny w obu powyższych aspektach stosowania EFT, to wyznaczanie rejonów stosowalności podejścia przez EFT do rozpraszania bozonów cechowania. Te ostatnie są silnie ograniczone przez perturbacyjną unitarność fal parcjalnych w obecności operatorów nierenormalizowalnych.

Można rozważać dwie główne klasy efektywnych Lagranżjanów w zależności od założenia, jak realizowane jest łamanie symetrii elektrosłabej: liniowo, z elementarną cząstką Higgsa jako składnik skalarne dubletu MS (Standard Model Effective Field Theory, SMEFT) lub nieliniowo, przez trzy bozony Goldstona stanowiące podłużne składowe pól cechowania $W^\pm$ oraz Z (Higgs Effective Field Theory, HEFT). W drugim przypadku fizyczne pole Higgsa jest singletem grupy symetrii. Nieliniowa EFT jest szczególnie odpowiednia w niskoenergetycznym efektywnym opisie modeli, w których cząstka Higgsa jest elementarnym, bądź złożonym (pseudo) bozonem Nambu-Goldstona, wyłaniającym się ze spontanicznego naruszenia pewnej symetrii globalnej w głębszej teorii.

W tej pracy zbadano rozpraszanie bozonów wektorowych przez reakcję $pp \rightarrow 2\text{jets} + W^*W^* \rightarrow 2\text{jets} + l\nu_l l'\nu_{l'}$, gdzie W^* oznacza w ogólności $W^\pm$ poza powłoką masy, w podejściu przez EFT, pod kątem eksperymentów HL-LHC i HE-LHC. Zbadano potencjał odkrywczy pewnych klas "modeli" EFT obu baz SMEFT i HEFT, ze szczególnym podkreśleniem używania "modeli" EFT w ich rejonach stosowalności. Zaproponowano nową metodę w celu określania rejonów odkrywczych fizyki wychodzącej poza MS, opisaną przez "modele" EFT. Niezależnie od wyboru bazy, znalezione rejony odkrywcze są niepuste. Następnie porównano różnice sygnatur eksperymentalnych pomiędzy SMEFT i HEFT, co jest ważnym krokiem dla odróżnienia tych dwóch hipotez w przyszłych danych. Na koniec zbadano, jaki jest efekt na rejony odkrywcze gdy zwiększyć energię zderzeń pp .