

## Scenariusze nowej fizyki w świetle danych z eksperymentów zapachowych i z poszukiwań ciemnej materii

(streszczenie popularnonaukowe)

Fizycy pracujący w Wielkim Zderzaczu Hadronów (Large Hadron Collider - LHC) w Genewie badają najmniejsze składniki materii. Przyspieszają wiązki protonów do prędkości bliskich prędkości światła, po czym zderzają ze sobą. Kiedy dwa protony zderzą się przy tak ogromnej energii, roztrzaskują się, a ich części składowe oddziałują ze sobą, produkując elektrony, miony, fotony oraz dzęty różnych cząstek. Rozlatują się one we wszystkich kierunkach, by ostatecznie trafić do wyrafinowanych detektorów umieszczonych w kilku strategicznych punktach wzdłuż ścieżki wiązki. Fizycy doświadczalni stają wówczas przed trudnym zadaniem przeanalizowania właściwości zarejestrowanych cząstek: jaka jest ich dokładna liczba, energia, ładunek elektryczny oraz inne liczby kwantowe. Wnioski ze swoich analiz prezentują w oficjalnych publikacjach.

Kiedy później wyniki te trafiają do rąk teoretyków, ci wiedzą mniej więcej, czego należy się spodziewać: ile elektronów, mionów i fotonów powinno się zaobserwować, jaka będzie ich energia oraz rozkład przestrzenny. Protony zbudowane są bowiem z kwarków i gluonów, cząstek, które wiążą kwarki ze sobą poprzez oddziaływanie silne. Interakcje kwarków z gluonami oraz z innymi rodzajami cząstek są doskonale znane: opisuje je Model Standardowy, słusznie uważany za jedną z najbardziej udanych teorii w fizyce podstawowych składników materii. Jego przewidywania zostały w minionych dziesięcioleciach wielokrotnie potwierdzone eksperymentalnie, odkryto również wszystkie cząstki, jakich istnienie postuluje. Ostatnią z nich był bozon Higgsa, po raz pierwszy zaobserwowany w LHC w czerwcu 2012 roku.

Teoretycy wiedzą jednak również, że Model Standardowy to nie koniec historii, gdyż w naturze obserwuje się pewne zjawiska, których nie jest on w stanie wyjaśnić. Należą do nich zagadka ciemnej materii, masy neutrin, a także powód, dla którego we Wszechświecie jest więcej materii niż antymaterii. Nikt nie wie, jak taka fizyka „poza Modelem Standardowym” powinna wyglądać. Istnieje na ten temat wiele hipotez, z których każda może okazać się prawdziwa, ale żeby móc to stwierdzić z całą pewnością, potrzebne jest potwierdzenie eksperymentalne. Jeśli nowa fizyka miałaby pojawić się w LHC, jej znakiem rozpoznawczym byłaby prawdopodobnie „anomalia”, czyli rozbieżność pomiędzy liczbą niektórych zarejestrowanych cząstek a tym, co przewiduje Model Standardowy.

W kolajderach, takich jak LHC, anomalie są często wynikiem fluktuacji statystycznych, w związku z czym ich pojawianie się i znikanie jest czymś zupełnie naturalnym. Jednak niektóre z nich, zaobserwowane niedawno w LHCb, detektorze wyspecjalizowanym w pomiarach rozpadów cząstek zbudowanych z kwarków „pięknych”, przykuły uwagę wielu teoretyków. Anomalie te pojawiły się w procesach ze zmianą „zapachu” uczestniczących w nich kwarków, a z ich zbiorczej analizy zdaje się wyłaniać spójny obraz nowej fizyki, która wymagałaby między innymi, aby nowe cząstki oddziaływały w odmienny sposób z elektronami i mionami.

W moim projekcie proponuję przeprowadzenie systematycznej analizy modeli fizyki poza Modelem Standardowym, które byłyby w stanie wyjaśnić te tak zwane „anomalie zapachowe” i jednocześnie zawierałyby w swoim opisie kandydata na cząstkę ciemnej materii. Modele te można w ogólności podzielić na dwie kategorie: pierwsza zakłada istnienie egzotycznych cząstek „ciężkich”, o masie większej niż masa bozonu Higgsa; druga - cząstek „lżejszych” niż kwark „piękny”.

Podstawowym kryterium, według którego będę konstruował i analizował modele nowej fizyki, jest istnienie symetrii, na której według teoretyków powinna się opierać struktura każdej matematycznie spójnej teorii. Dodatkowo, w celu sprawdzenia poprawności tak skonstruowanych modeli, będę porównywał ich przewidywania z danymi pochodzącymi z eksperymentów poszukujących fizyki poza Modelem Standardowym oraz ciemnej materii.

Aby zrealizować projekt, posłużę się szeregiem najbardziej aktualnych narzędzi numerycznych i technik statystycznych. Ważnym elementem będzie skonstruowanie tzw. funkcji prawdopodobieństwa, czyli funkcji, która przybiera maksymalną wartość wówczas, gdy przewidywania modelu są bliskie danym doświadczalnym, natomiast zmniejsza się, gdy przewidywania zaczynają się od tych danych oddalać. Numeryczna wartość funkcji prawdopodobieństwa dla danego modelu jest związana z prawdopodobieństwem tego, że model jest prawdziwy. Wyniki projektu pomogą zatem skierować przyszłe zasoby finansowe i intelektualne we właściwym kierunku.