



Kraków, 10 lipca 2024

Higgs wydaje się nie zawierać elementów nowej fizyki

Bozon Higgsa został odkryty w detektorach akceleratora LHC już kilkanaście lat temu. Okazał się cząstką tak trudną do wyprodukowania i obserwacji, że mimo upływu czasu jego właściwości wciąż nie zostały poznane z zadowalającą dokładnością. Teraz wiemy już nieco więcej o jego pochodzeniu – dzięki właśnie upublicznonemu osiągnięciu międzynarodowej grupy teoretyków z udziałem Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie.

W zgodnej opinii świata nauki największym odkryciem dokonany za pomocą Wielkiego Zderzacza Hadronów jest słynny bozon Higgsa. Od dwunastu lat fizycy starają się jak najdokładniej poznać właściwości tej wyjątkowo ważnej cząstki elementarnej. Zadanie jest ekstremalnie trudne zarówno z uwagi na wyzwania eksperymentalne, jak i liczne przeszkody obliczeniowe. Na szczęście w badaniach teoretycznych właśnie doszło do istotnego postępu, wypracowanego dzięki grupie fizyków z Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie, RWTH Aachen University (RWTH) w Aachen oraz Max-Planck-Institut für Physik (MPI) z Garching koło Monachium.

Model Standardowy to złożona struktura teoretyczna, skonstruowana w latach 70. ubiegłego wieku w celu spójnego opisanie obecnie znanych cząstek elementarnych materii (kwarków, a także elektronów, mionów, taonów i związanych z tą trójką neutrino) oraz sił elektromagnetycznych (fotonów) i jądrowych (gluonów w przypadku oddziaływań silnych, bozonów W i Z w przypadku oddziaływań słabych). W tworzeniu Modelu Standardowego wisienką na torcie było odkrycie dzięki akceleratorowi LHC bozonu Higgsa, cząstki odgrywającej kluczową rolę w mechanizmie odpowiedzialnym za nadawanie mas pozostałym cząstkom elementarnym. O znalezieniu higgsa poinformowano w połowie 2012 roku. Od tego czasu naukowcy próbują zdobyć jak najwięcej informacji dotyczących tej fundamentalnie ważnej cząstki.

„Dla fizyka jednym z najważniejszych parametrów związanych z każdą cząstką elementarną czy jądrową jest przekrój czynny na określone zderzenie. Niesie on bowiem informację o tym, jak często możemy spodziewać się pojawienia danej cząstki w zderzeniach wybranego typu. My skoncentrowaliśmy się na teoretycznym wyznaczeniu wartości przekroju czynnego bozonów Higgsa w zderzeniach gluon-gluon. Są one odpowiedzialne za produkcję około 90% higgsów, których ślady obecności zarejestrowano w detektorach akceleratora LHC”, wyjaśnia dr Rene Poncelet (IFJ PAN).

Prof. Michał Czakon (RWTH), współautor artykułu w prestiżowym czasopiśmie fizycznym „Physical Review Letters”, gdzie naukowcy przedstawili swoje obliczenia, uzupełnia: *„Istotą naszych prac była chęć uwzględnienia przy wyznaczaniu przekroju czynnego na produkcję bozonów Higgsa pewnych poprawek, które z uwagi na pozornie niewielki wkład zazwyczaj są pomijane, ponieważ ich zignorowanie znacząco upraszcza obliczenia. Nam po raz pierwszy udało się pokonać trudności matematyczne i wyznaczyć te poprawki”.*

O tym, jak istotna jest rola poprawek wyższych rzędów dla zrozumienia właściwości bozonów Higgsa może świadczyć fakt, że wyliczone w artykule poprawki drugorzędowe, pozornie niewielkie, wnoszą niemal jedną piątą do wartości poszukiwanego przekroju czynnego. Dla porównania: po-

prawki trzeciego rzędu są na poziomie trzech procent (ale za to redukują niepewności obliczeniowe do zaledwie jednego procenta). Nowością w omawianym artykule było uwzględnienie wpływu mas kwarków pięknych, co doprowadziło do niewielkiego, ale zauważalnego dodatkowego przesunięcia wartości o około jeden procent. Warto w tym miejscu przypomnieć, że LHC zderza protony, a więc cząstki składające się z dwóch kwarków górnych i jednego dolnego. Chwilowa obecność we wnętrzach protonów kwarków o większych masach, takich jak kwark piękny, jest konsekwencją kwantowego charakteru oddziaływań silnych, wiążących kwarki w protonie.

„Wartości przekroju czynnego na produkcję bozonu Higgsa znalezione przez naszą grupę oraz zmierzone w dotychczasowych zderzeniach wiązek w akceleratorze LHC są praktycznie takie same, naturalnie przy uwzględnieniu obecnych niedokładności obliczeniowych i pomiarowych. Wygląda więc na to, że w obrębie badanych przez nas mechanizmów odpowiedzialnych za powstawanie bozonów Higgsa nie widać zwiastunów nowej fizyki – przynajmniej na razie”, podsumowuje prace zespołu dr Poncelet.

Powszechne wśród naukowców przekonanie o konieczności istnienia nowej fizyki wynika z faktu, że za pomocą Modelu Standardowego nie można udzielić odpowiedzi na szereg fundamentalnie ważnych pytań. Dlaczego cząstki elementarne mają takie a nie inne masy? Dlaczego tworzą rodziny? Z czego składa się ciemna materia, której ślady obecności tak wyraźnie widać w kosmosie? Z czego wynika przewaga materii nad antymaterią we Wszechświecie? Model Standardowy wymaga rozszerzenia także dlatego, że w ogóle nie uwzględnia tak powszechnego oddziaływania jak grawitacja.

Co ważne, najnowsze osiągnięcie teoretyków z IFJ PAN, RWTH i MPI nie wyklucza w sposób ostateczny obecności nowej fizyki w zjawiskach towarzyszących narodzinom bozonów Higgsa. Wiele może się bowiem zmienić, gdy analizom zaczną być poddawane dane ze stopniowo się rozpoczynającego, czwartego cyklu badawczego Wielkiego Zderzacza Hadronów. Coraz liczniejsze obserwacje nowych zderzeń cząstek mogą pozwolić tak zawęzić niepewności pomiarowe, że zmierzony przedział dozwolonych wartości przekroju czynnego na produkcję higgsów przestanie się pokrywać z wyznaczonym przez teorię. Czy tak się stanie, fizycy przekonają się za kilka lat. Na razie Model Standardowy może się czuć bezpieczniej niż kiedykolwiek – i fakt ten powoli zaczyna się stawać najbardziej zaskakującym odkryciem dokonany za pomocą akceleratora LHC.

Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie prowadzi badania podstawowe i aplikacyjne w obszarze fizyki oraz nauk pokrewnych. Główna część działalności naukowej Instytutu koncentruje się na badaniu struktury materii, w tym własności oddziaływań fundamentalnych od skali kosmicznej po cząstki elementarne. Częścią Instytutu jest nowoczesne Centrum Cyklotronowe Bronowice, unikalny w skali europejskiej ośrodek, obok badań naukowych zajmujący się terapią protonową nowotworów. IFJ PAN prowadzi też cztery akredytowane laboratoria badawcze i pomiarowe. Wyniki badań – obejmujących fizykę i astrofizykę cząstek, fizykę jądrową i oddziaływań silnych, fizykę fazy skondensowanej materii, fizykę medyczną, inżynierię nanomateriałów, geofizykę, biologię radiacyjną i środowiskową, radiochemię, dozymetrię oraz fizykę i ochronę środowiska – są każdego roku przedstawiane w ponad 600 artykułach publikowanych w recenzowanych wysoko punktowanych czasopismach naukowych. Corocznie Instytut jest organizatorem lub współorganizatorem wielu międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych oraz szeregu seminariów i innych spotkań naukowych. IFJ PAN jest członkiem Krakowskiego Konsorcjum Naukowego „Materia-Energia-Przyszłość”, któremu, na lata 2012-2017, nadany został status Krajowego Naukowego Ośrodka Wiodącego (KNOW). Wiele projektów i przedsięwzięć realizowanych przez Instytut jest wpisanych na Polską Mapę Infrastruktury Badawczej (PMIB). Instytut zatrudnia ponad pół tysiąca pracowników. Komisja Europejska przyznała IFJ PAN prestiżowe wyróżnienie „HR Excellence in Research” jako instytucji stosującej zasady „Europejskiej Karty Naukowca” i „Kodeksu Postępowania przy rekrutacji pracowników naukowych”. W kategoryzacji MEIN Instytut został zaliczony do najwyższej kategorii naukowej A+ w obszarze nauk fizycznych.

KONTAKT:

dr **Rene Poncelet**
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk
email: rene.poncelet@ifj.edu.pl

PUBLIKACJE NAUKOWE:

*„Top-Bottom Interference Contribution to Fully Inclusive Higgs Production”
M. Czakon, F. Eschment, M. Niggetiedt, R. Poncelet, T. Schellenberger
Physical Review Letters 2024, 132, 211902
DOI: [10.1103/PhysRevLett.132.211902](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.132.211902)*

POWIĄZANE STRONY WWW:

<http://www.ifj.edu.pl/>

Strona Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk.

<http://press.ifj.edu.pl/>

Serwis prasowy Instytutu Fizyki Jądrowej PAN.

MATERIAŁY GRAFICZNE:

IFJ240710b_fot01s.jpg

HR: http://press.ifj.edu.pl/news/2024/07/10/IFJ240710b_fot01.jpg

Bozon Higgsa (kolor niebieski) może powstać wskutek interakcji gluonów (żółty) podczas zderzeń protonów. Protony składają się z dwóch kwarków górnych (czerwony) i jednego dolnego (fioletowy), wiązanych przez gluony tak silnie, że w tworzącym się morzu cząstek wirtualnych (szary) mogą się pojawiać bardziej masywne kwarki i antykwarki, na przykład piękne, których obecność także wpływa na proces narodzin bozonów Higgsa. (Źródło: IFJ PAN)