



Kraków, 6 listopada 2024

Czy w interakcjach między bozonami Higgsa widać nieznaną fizykę?

Od momentu uruchomienia w 2010 roku, w akceleratorze LHC trwają badania nad bozonami Higgsa oraz poszukiwania śladów fizyki wykraczającej poza dotychczasowy model cząstek elementarnych i ich oddziaływań. Zespół naukowców pracujących w LHC przy detektorze ATLAS połączył oba cele: dzięki najnowszej analizie z jednej strony udało się poszerzyć wiedzę o oddziaływaniach higgsów między sobą, z drugiej zaś znaleziono silniejsze ograniczenia na zjawiska „nowej fizyki”.

Niepodważalnym sukcesem akceleratora LHC jest odkrycie ostatniego brakującego elementu Modelu Standardowego: bozonu Higgsa, odpowiedzialnego za pochodzenie masy cząstek elementarnych. Jest też rozczarowanie: uporczywy brak jakichkolwiek śladów fizyki poza ten model wykraczającej. Naukowcy pracujący w ośrodku Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych CERN w Genewie starają się więc tak prowadzić swoje obecne badania, aby połączyć dokładniejsze pomiary właściwości bozonu Higgsa z dalszymi poszukiwaniami „nowej fizyki”. Przykładem powyższego podejścia jest właśnie opublikowana analiza. Fizycy z eksperymentu ATLAS skoncentrowali się w niej na zdarzeniach prowadzących do powstania dwóch bozonów Higgsa, które rozpadałyby się następnie na wiele cząstek z rodziny leptonów (głównie na elektrony i miony). Wyniki zaprezentowano na łamach czasopisma fizycznego „Journal of High Energy Physics”.

Produkcja par bozonów Higgsa może zachodzić w ramach samego Modelu Standardowego. Jednak jest tu ona tak rzadkim procesem, że jego zaobserwowanie w dotychczas zebranych danych nie było możliwe. Istnieją jednak modele teoretyczne opisujące zjawiska wykraczające poza Model Standardowy, przewidujące tworzenie się par bozonów Higgsa z większym prawdopodobieństwem. Obserwacja przypadków takiej produkcji przy użyciu już zebranych danych potwierdziłaby istnienie dotychczas nieznaney klasy zjawisk fizycznych. Nic więc dziwnego, że dla naukowców z eksperymentu ATLAS właśnie ten proces stał się punktem wyjścia do przeprowadzenia opisowanej analizy.

„Badania doświadczalne nad oddziaływaniami bozonów Higgsa między sobą napotykają na podstawowy problem. Otóż w zderzeniach protonów w akceleratorze LHC bozony Higgsa pojawiają się tak rzadko, że dotychczas nie wykryto ani jednego przypadku jednoczesnej produkcji dwóch higgsów, co na pierwszy rzut oka wydaje się absolutnie niezbędne, jeśli chcemy się przyglądać interakcjom między tymi cząstkami. Jak zatem badać zjawisko, które nie zostało jeszcze zaobserwowane?”, pyta dr Bartłomiej Żabiński, fizyk z IFJ PAN koordynujący prace międzynarodowego zespołu odpowiedzialnego za omawianą analizę.

W obrębie Modelu Standardowego można formułować coraz bardziej precyzyjne przewidywania dotyczące prawdopodobieństw wystąpienia różnych znanych procesów. Przesłanką sugerującą nieoczekiwane właściwości bozonów Higgsa bądź istnienie nowej fizyki byłyby rozbieżności między teoretycznymi przewidywaniami, a rzeczywistymi danymi pochodzącymi z detektorów Wielkiego

Zderzacza Hadronów. Operując wyłącznie w ramach Modelu Standardowego, fizycy z eksperymentu ATLAS symulowali więc (wraz z tłem) sygnały, które powinny pojawić się w detektorach w przypadku wystąpienia zjawisk zachodzących z udziałem dwóch bozonów Higgsa, po czym normalizowali wyniki adekwatnie do oczekiwanej ilości danych napływających z ich detektora. Ostatnim krokiem było porównanie tak otrzymanych wartości z wartościami wynikającymi z dotychczasowych obserwacji. W poszukiwaniu tak rzadkich procesów pomagało użycie uczenia maszynowego opartego na drzewach decyzyjnych.

„Nasza analiza przypadków podwójnej produkcji bozonu Higgsa w stanie końcowym z wieloma leptonami uzupełnia już przeprowadzone badania nad innymi stanami końcowymi. Na razie nie uważaliśmy w danych z naszych detektorów nic, co by się nie zgadzało z Modelem Standardowym. Wynik ten jednak nie wyklucza możliwości istnienia zjawisk 'nowej fizyki', a jedynie informuje, że ich ewentualny wpływ na produkcję par bozonów Higgsa pozostaje zbyt słaby, by można go było zobaczyć w zebranych dotąd danych”, konkluduje dr Żabiński.

W najbliższych latach akcelerator LHC przejdzie istotną modernizację. Jej rezultatem będzie dziesięciokrotne zwiększenie świetności wiązek, skutkujące znacznym wzrostem liczby rejestrowanych zderzeń protonów. Ograniczenia narzucone przez obecną analizę na produkcję oraz parametry opisujące wzajemne oddziaływania bozonów Higgsa pozwalają mieć nadzieję, że być może już na początku przyszłej dekady uda się z większej ilości danych wyselekcjonować pierwsze przypadki podwójnej produkcji higgsów i zweryfikować dzisiejsze przewidywania w bezpośrednich obserwacjach zjawiska.

Po stronie polskiej badania były współfinansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki.

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 **Bartłomiej Żabiński**
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk
tel.: +48 12 6628168
email: bartlomiej.zabinski@ifj.edu.pl

PUBLIKACJE NAUKOWE:

„Search for non-resonant Higgs boson pair production in final states with leptons, taus, and photons in $\sqrt{s} = 13$ TeV collisions at the ATLAS detector”
The ATLAS collaboration
Journal of High Energy Physics 2024, 164 (2024)
DOI: [10.1007/JHEP08\(2024\)164](https://doi.org/10.1007/JHEP08(2024)164)

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:

IFJ241106b_fot01_PLs.jpg

HR: http://press.ifj.edu.pl/news/2024/11/06/IFJ241106b_fot01_PL.jpg

Ślady cząstek wtórnych zarejestrowane podczas zderzenia protonów wewnątrz detektora ATLAS, wskazujące na obecność w zdarzeniu pojedynczego bozonu Higgsa. (Źródło: IFJ PAN / CERN / ATLAS Experiment)