



Kraków, 2 marca 2016

Kolejny przebój akceleratora LHC – mamy naprawdę dobry zwiastun!

W świetle najnowszej analizy danych o rzadkich rozpadach mezonów pięknych świat nowej fizyki wydaje się być coraz bliżej. Badania przeprowadzili fizycy pracujący przy akceleratorze LHC, wśród których znajdowali się naukowcy z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie.

To jeszcze nie jest odkrycie. Coraz więcej wskazuje jednak, że fizycy pracujący przy akceleratorze LHC w ośrodku Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych CERN pod Genewą natrafili na pierwszy ślad fizyki wykraczającej poza dotychczasową teorię budowy materii. Wniosek ten płynie z najnowszej analizy danych zebranych w 2011 i 2012 roku w eksperymencie LHCb. Istotny wkład w analizę wnieśli fizycy z Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie.

„W żargonie kinowym moglibyśmy powiedzieć, że wcześniej docierały do nas jedynie pewne przecieki z planu filmowego, natomiast teraz LHC wypuścił pierwszy naprawdę porządny zwiastun swojego nadchodzącego przeboju”, mówi prof. dr hab. Mariusz Witek (IFJ PAN).

Do opisu budowy materii w skali cząstek elementarnych używa się obecnie Modelu Standardowego, zestawu narzędzi teoretycznych skonstruowanego w latach 70. ubiegłego wieku. Cząstki, które obecnie uważamy za elementarne, pełnią w nim różne funkcje. Bozony pośredniczące przenoszą oddziaływania: fotony są nośnikami sił elektromagnetycznych, osiem rodzajów gluonów – sił jądrowych silnych, a bozony W^+ , W^- i Z^0 – sił słabych. Materię tworzą cząstki nazywane fermionami. Fermiony dzielą się na kwarki i leptony. W Modelu Standardowym istnieje sześć rodzajów kwarków (dolne, górne, dziwne, powabne, piękne i prawdziwe) i sześć rodzajów leptonów (elektrony, miony, taony oraz powiązane z nimi neutrino), a także 12 odpowiadających im antycząstek. Odkryty niedawno bozon Higgsa nadaje cząstkom masę (wszystkim oprócz gluonów i fotonów).

„Przewidywania formułowane w ramach Modelu Standardowego znakomicie zgadzają się z rzeczywistością. Mimo to jesteśmy pewni, że Model nie jest teorią ostateczną. Nie wyjaśnia, dlaczego cząstki mają takie a nie inne masy, ani dlaczego fermiony tworzą wyraźne rodziny. Skąd się wzięła dominacja materii nad antymaterią we współczesnym Wszechświecie? Czym jest ciemna materia? To kolejne pytania bez odpowiedzi. Co więcej, w Modelu w ogóle nie ma grawitacji!”, mówi prof. Witek.

Naukowcy pracujący przy LHC koncentrowali się dotychczas na poszukiwaniu bozonu Higgsa (eksperymenty ATLAS i CMS), poznawaniu różnic między materią a antymaterią (eksperyment LHCb) oraz badaniach plazmy kwarkowo-gluonowej (eksperyment ALICE). Obecnie coraz więcej

uwagi poświęca się wykryciu cząstek elementarnych spoza Modelu Standardowego. W eksperymentach ATLAS i CMS cząstki te próbuje się rejestrować bezpośrednio. Jest jednak możliwe, że masy nowych cząstek są zbyt duże w stosunku do możliwości akceleratora LHC. Wtedy jedynym sposobem wykrycia nowej fizyki byłoby znalezienie nie samych nowych cząstek, a zjawisk, których przebieg można byłoby tłumaczyć ich udziałem. Mogłyby to być zjawiska dotychczas nieznanne, ale nowa fizyka mogłaby także zmieniać prawdopodobieństwo zachodzenia zjawisk już znanych bądź wpływać na ich przebieg.

Jeszcze w 2011 roku, tuż po zebraniu pierwszych danych w eksperymencie LHCb, zauważono ciekawą anomalię związaną z mezonami pięknymi B, o której poinformowano na stronie WWW eksperymentu (<http://lhcb-public.web.cern.ch/lhcb-public/>). Mezony te składają się z powszechnego w naturze kwarka dolnego (jednego ze składników protonów i neutronów) oraz antykwarka pięknego, wytwarzanego w akceleratorach. Jako cząstki zbudowane z par kwark-antykwark, mezony są układami nietrwałymi i szybko się rozpadają. Anomalię zaobserwowano w jednym z rozpadów mezonów B, prowadzącym do powstania m. in. dwóch mionów.

Opis stanu końcowego rozpadu mezonów B na dwa miony wymaga użycia aż ośmiu parametrów. Określają one rozkład kątowy produktów rozpadu, a więc m.in. to, które cząstki pochodne pod jakimi kątami i z jakim prawdopodobieństwem będą się poruszały. Tradycyjna metoda ustalenia wartości tych parametrów może prowadzić do zafałszowania wyniku dla małych próbek danych – a przecież z takimi mieli do czynienia fizycy analizujący rzadkie rozpady mezonów B. Dr inż. Marcin Chrzęszcz z IFJ PAN, jeden z głównych autorów obecnej analizy, zaproponował więc alternatywną metodę, w której każdy parametr był ustalany niezależnie od pozostałych.

„Moje podejście przypomina próbę ustalenia wieku starego rodzinnego zdjęcia. Zamiast oglądać zdjęcie w całości, lepiej przeanalizować każdą postać z osobna i na tej podstawie próbować określić rok jego wykonania”, wyjaśnia dr Chrzęszcz.

Najnowsza analiza, po stronie polskiej sfinansowana przez Narodowe Centrum Nauki oraz z Diamentowego Grantu przyznanego dr. Chrzęszczowi przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, jest ważna nie tylko ze względu na dokładność. Skoro bowiem efekt zaobserwowany w danych z 2011 roku przetrwał po uwzględnieniu danych z roku 2012, wzrasta prawdopodobieństwo, że fizycy trafili na ślad rzeczywistego zjawiska, a nie wcześniej nieprzewidzianego artefaktu samego pomiaru.

„Przy poszukiwaniach nowych zjawisk lub cząstek przyjmuje się, że efekt różniący się od przewidywań o ponad trzy odchylenia standardowe – 3 sigma – stanowi wskazówkę, ale o odkryciu można mówić dopiero wtedy, gdy dokładność wzrośnie powyżej 5 sigma. Mówiąc nieco inaczej, 5 sigma oznacza prawdopodobieństwo mniejsze niż jeden do trzech i pół miliona, że przypadkowa fluktuacja da wynik taki jak obserwowany. Przy obecnie znalezionej liczbie takich rozpadów i dokładności naszej analizy odchylenie sięga ponad 3,7 sigma. Jeszcze nie możemy mówić o odkryciu, ale z pewnością mamy interesującą wskazówkę”, mówi dr Chrzęszcz.

Co może być powodem obserwowanego efektu? Wśród teoretyków najpopularniejsza jest hipoteza o istnieniu nowego bozonu pośredniczącego Z' (zet prim), zaangażowanego w rozpad mezonów B. Tłumaczy ona także inny, nieco słabszy efekt, widoczny w niektórych rozpadach mezonów B przy pomiarze tzw. uniwersalności leptonowej. Jednak wciąż nie jest wykluczone wyjaśnienie efektu w ramach Modelu Standardowego: być może obliczenia teoretyczne nie uwzględniają jakichś istotnych czynników mających wpływ na mechanizm rozpadu.

LHC rozpoczął ostatnio nowy cykl pracy i zderza protony z coraz większymi energiami. Pod koniec tego roku do rąk fizyków powinna trafić kolejna porcja danych dotyczących rozpadów mezonów B, a dwa-trzy lata później pojawią się ostateczne analizy. Czy nowa fizyka stanie się wtedy faktem?

„To jak w dobrym kinie: nikt nie wie, jaki będzie finał, ale wszyscy nie mogą się go doczekać”, podsumowuje prof. Witek.

Instytut Fizyki Jądrowej PAN (IFJ PAN) w Krakowie zajmuje się strukturą materii i własnościami oddziaływań fundamentalnych od skali kosmicznej po wnętrza cząstek elementarnych. Wyniki badań – obejmujących fizykę i astrofizykę cząstek, fizykę jądrową i oddziaływań silnych, 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 450 artykułach publikowanych w recenzowanych czasopismach naukowych. Częścią Instytutu jest nowoczesne Centrum Cyklotronowe Bronowice, unikalny w skali europejskiej ośrodek obok badań naukowych zajmujący się terapią protonową nowotworów. IFJ PAN jest członkiem Krakowskiego Konsorcjum Naukowego „Materia-Energia-Przyszłość” o statusie Krajowego Naukowego Ośrodka Wiodącego (KNOW) na lata 2012-2017. Instytut zatrudnia ponad pół tysiąca pracowników. W klasyfikacji MNiSW Instytut został zaliczony do kategorii naukowej A+ w grupie nauk ścisłych i inżynierskich.

KONTAKT:

prof. dr hab. **Mariusz Witek**
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk
tel. +48 12 6628047
email: mariusz.witek@ifj.edu.pl

dr inż. **Marcin Chrzęszcz**
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk
oraz Universität Zürich, Zürich, Switzerland
email: marcin.chrzaszcz@ifj.edu.pl

PRACE NAUKOWE:

„LHCb Collaboration, Angular analysis of the $B_0 \rightarrow K^* 0 \mu \mu$ decay”, JHEP 02 (2016) 104.

POWIĄZANE STRONY WWW:

<http://lhcb-public.web.cern.ch/lhcb-public/>
Strona eksperymentu LHCb.

<http://www.cern.ch/>
Strona Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych CERN.

<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:

IFJ160302b_fot01s.jpg

HR: http://press.ifj.edu.pl/news/2016/03/IFJ160302b_fot01.jpg

Symulacja komputerowa rzadkiego rozpadu mezonu B_s na parę mionów J/ψ oraz f_1 w detektorze LHCb w ośrodku CERN pod Genewą. (Źródło: CERN)