



Kraków, 16 grudnia 2019

## **Leptony pomagają w tropieniu nowej fizyki**

*Elektrony z „kolegami” – innymi leptonami – to jedne z wielu produktów zderzeń obserwowanych w eksperymencie LHCb przy Wielkim Zderzaczu Hadronów. Zdaniem teoretyków, niektóre z tych cząstek mogą powstawać w procesach wychodzących poza standardową fizykę. Najnowsza analiza weryfikuje te przewidywania.*

Czy za anomaliami, obserwowanymi w eksperymencie LHCb w rozpadach mezonów pięknych ( $B$ ), kryją się nieznanne cząstki, spoza obecnie obowiązującego i doskonale przetestowanego Modelu Standardowego? Aby odpowiedzieć na to pytanie, fizycy szukają nie tylko kolejnych oznak istnienia nowych cząstek, ale także śladów zjawisk mogących zachodzić z ich udziałem. Jednym z procesów proponowanych przez teoretyków, a wykraczającym poza świat znanej fizyki, jest łamanie zasady zachowania liczby leptonowej. To hipotetyczne zjawisko znalazło się w centrum zainteresowania międzynarodowej grupy badaczy, w której skład wchodził przedstawiciele Instytutu Fizyki Jądrowej PAN (IFJ PAN) w Krakowie, Technische Universität w Dortmundzie (TUD) i Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) w Paryżu. Ze szczególną uwagą przeanalizowali oni dane zebrane w latach 2011-12 podczas zderzeń protonów w ramach eksperymentu LHCb przy Wielkim Zderzaczu Hadronów w CERN pod Genewą. Wyniki poszukiwań zostały właśnie omówione na łamach prestiżowego czasopisma „Physical Review Letters”.

Dzięki dekadom eksperymentów i pomiarów wykonanych przez fizyków jądrowych i badaczy promieniowania kosmicznego wiadomo, że cząstki materii dzielą się na dwie całkowicie niezależne rodziny: kwarki i leptony (oraz ich antymaterialne odpowiedniki). Kwarki (górny, dolny, dziwny, powabny, piękny i prawdziwy) zawsze występują w zlepkach. Układy dwóch kwarków są znane jako mezony, układy trzech kwarków to bariony. Wśród tych ostatnich znajdziemy proton i neutron, cząstki tworzące jądra atomowe. Z kolei do leptonów zaliczamy elektrony, miony, taony oraz odpowiadające im neutrino.

„Właściwości leptonów i kwarków różnią się w sposób zasadniczy. W rezultacie obie grupy cząstek są opisywane za pomocą zestawów innych liczb, zwanych liczbami kwantowymi. Jedną z liczb kwantowych używanych do opisu leptonów jest liczba leptonowa. Na przykład każdy elektron ma elektronową liczbę leptonową równą 1. Z kolei antymaterialne odpowiedniki elektronów, czyli pozytony, mają liczbę leptonową -1”, tłumaczy dr Jihyun Bhom (IFJ PAN), główna autorka analizy. „Tak dochodzimy do zjawiska kluczowego dla wyjaśnienia sensu naszej pracy. Otóż w ramach Modelu Standardowego obowiązuje zasada zachowania liczby leptonowej. Mówi ona, że suma liczb leptonowych cząstek na początku i na końcu procesu musi być zawsze taka sama”.

Wymóg zachowania liczby leptonowej powoduje, że jeśli w jakiejś interakcji uczestniczą np. dwa elektrony, o sumarycznej liczbie leptonowej dwa, to na końcu procesu liczba ta również będzie wynosić dwa. W przedstawionym przykładzie w ramach Modelu Standardowego dozwolona jest więc produkcja zarówno dwóch elektronów, jak też czterech elektronów i dwóch pozytonów, etc.

Zarówno leptony, jak i kwarki, można podzielić na trzy grupy zwane generacjami. Istnienie tej samej liczby generacji leptonów i kwarków skłoniło teoretyków na świecie do przypuszczenia, że przy odpowiednio dużej energii leptony i kwarki mogą się „stopić” w leptokwarki – hipotetyczne cząstki o cechach zarówno leptonów, jak i kwarków. Gdyby istniały, leptokwarki powinny być nietrwałymi cząstkami o bardzo dużych masach, porównywalnych nawet z masą całego jądra ołowiu.

„W procesach, w których uczestniczyłyby leptokwarki, liczby leptonowe nie muszą być zachowane. Wykrycie śladów zjawisk z łamaniem zasady zachowania liczby leptonowej byłoby więc znaczącym krokiem na drodze do detekcji cząstek spoza Modelu Standardowego. W szczególności ułatwiłoby nam interpretację natury anomalii, które od pewnego czasu coraz wyraźniej widać w danych z rozpadów mezonów pięknych, a więc cząstek zawierających kwark dolny i antykwark piękny”, mówi dr Bhom.

W najnowszych analizach statystycznych niezbędne okazało się użycie sztucznej inteligencji. Na dodatek nie jednej.

„Interesowały nas rozpady mezonu  $B$  prowadzące do powstania mezonu  $K$ , mionu i elektronu. Tak się jednak składa, że w ramach Modelu Standardowego znaczna część rozpadów mezonu  $B$  prowadzi do dokładnie tych samych produktów z neutrinami (tych ostatnich nie udaje się rejestrować). Tak ogromne tło należało bardzo precyzyjnie usunąć z zebranych danych. Za to zadanie odpowiadała jedna sztuczna inteligencja. Druga okazała się konieczna by zlikwidować pozostałości tła przepuszczone przez pierwszą”, wyjaśnia dr Bhom.

Mimo użycia wyrafinowanych narzędzi matematycznych, badaczom z IFJ PAN, TUD i CNRS nie udało się wykryć śladów zjawisk łamiących zachowanie liczby leptonowej. Nie ma jednak tego złego, co by na dobre nie wyszło.

„Z pewnością sięgającą 95% aż o rząd wielkości poprawiliśmy dotychczasowe ograniczenia na rozwiązania przedstawiane przez teoretyków w celu wyjaśnienia obecności anomalii w rozpadach mezonów  $B$ . W rezultacie jako pierwsi w istotny sposób zawęziliśmy obszary poszukiwań teorii tłumaczących istnienie tych anomalii za pomocą nowej fizyki”, podkreśla dr Bhom.

Jeśli istnieją, procesy łamiące zasadę zachowania liczby leptonowej najwyraźniej zachodzą znacznie rzadziej niż przewidywały to najpopularniejsze rozszerzenia Modelu Standardowego z udziałem leptokwarków. Co więcej, same anomalie w rozpadach mezonów pięknych wcale nie muszą być związane z nowymi cząstkami. Wciąż nie można wykluczyć możliwości, że są to artefakty technik pomiarowych, użytych narzędzi matematycznych lub skutek nieuwzględnienia jakiegoś zjawiska zachodzącego w obrębie obecnie znanej fizyki. Można mieć tylko nadzieję, że kolejne, już zainicjowane analizy, z uwzględnieniem najnowszych danych zebranych w LHC, w ciągu kilku lat ostatecznie rozwieją wątpliwości dotyczące istnienia fizyki wykraczającej poza Model Standardowy.

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 600 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 kategoryzacji MNiSW Instytut został zaliczony do kategorii naukowej A+ w grupie nauk ścisłych i inżynierskich.

#### **KONTAKT:**

dr Jihyun Bhom  
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk  
tel. +48 12 6628304  
email: [jihyun.bhom@ifj.edu.pl](mailto:jihyun.bhom@ifj.edu.pl)

### **PUBLIKACJE NAUKOWE:**

1. „Search for the lepton-flavour violating decays  $B^+ \rightarrow K^+ \mu^+ e^-$ ”  
LHCb Collaboration  
Physical Review Letters 123, 241802 (2019)  
DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.123.241802>

### **POWIĄZANE STRONY WWW:**

<http://www.tu-dortmund.de/>

Strona Technische Universität Dortmund.

<http://www.cnrs.fr/>

Strona Centre National de la Recherche Scientifique.

<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:**

IFJ191216b\_fot01s.jpg

HR: [http://press.ifj.edu.pl/news/2019/12/16/IFJ191216b\\_fot01.jpg](http://press.ifj.edu.pl/news/2019/12/16/IFJ191216b_fot01.jpg)

Dr Jihyun Bhom z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie na tle detektora LHCb w CERN. (Źródło: IFJ PAN)