



Kraków, 22 lutego 2017

Negatyw, lecz nie doskonały: Pierwszy ślad różnic między materią a „zwykłą” antymaterią

Świat wokół nas jest zbudowany głównie z barionów, cząstek składających się z trzech kwarków. Dlaczego nie ma w nim antybarionów, skoro tuż po Wielkim Wybuchu materia i antymateria powstawały w dokładnie takich samych ilościach? Wiele wskazuje, że po wielu dekadach poszukiwań fizycy są bliżej odpowiedzi na to pytanie. W eksperymencie LHCb przy Wielkim Zderzaczu Hadronów właśnie natrafiono na pierwszy ślad różnic między barionową materią a antymaterią.

W danych zebranych w trakcie pierwszej fazy pracy Wielkiego Zderzacza Hadronów zespół eksperymentu LHCb wykrył interesującą asymetrię. Najnowsza analiza rozpadów barionów pięknych Lambda b, cząstek sześciokrotnie bardziej masywnych od protonu, sugeruje, że rozpadają się one nieco inaczej niż ich antymaterialne odpowiedniki. Jeśli wynik ten zostanie potwierdzony, będzie można mówić o zaobserwowaniu pierwszej różnicy między antybarionami a barionami, a więc tą rodziną cząstek, która w dominującej części tworzy nasz codzienny świat.

Pewne różnice między materią a antymaterią zaobserwowano już wcześniej. W 1964 roku dostrzeżono, że kaony – czyli mezony K, cząstki zbudowane z kwarka dziwnego i antykwarka dolnego albo górnego – czasami rozpadają się nieco inaczej niż antykaony (za to odkrycie w 1980 roku przyznano nagrodę Nobla). Z kolei w ostatnich latach pojawiły się doniesienia o wykryciu nieco wyraźniejszych różnic w rozpadach mezonów i antymezonów B różnego typu (mezon B składa się z antykwarka pięknego oraz kwarka dolnego, górnego, dziwnego albo powabnego).

Mezony to pary kwark-antykwark o krótkich czasach życia, dziś pojawiające się we Wszechświecie w niewielkich ilościach, a na Ziemi wytwarzane głównie w wysokoenergetycznych zderzeniach w akceleratorach. Tymczasem materię, z której składają się makroskopowe obiekty naszego świata, tworzą leptoni (to do nich należą elektrony) oraz w dominującej części bariony, czyli zlepki trzech kwarków (barionem jest proton, zawierający dwa kwarki górne i jeden dolny, oraz neutron, złożony z dwóch kwarków dolnych i jednego górnego). Najnowsza analiza danych z eksperymentu LHCb, opublikowana w czasopiśmie „Nature Physics”, a dotycząca rozpadów cząstek Lambda b zbudowanych z kwarków dolnego, górnego i pięknego, jest więc pierwszą wskazówką o możliwych różnicach między materią barionową a jej antymaterialnym odbiciem.

„Jeszcze nie możemy mówić o odkryciu. Niemniej mamy do czynienia z czymś, co wydaje się coraz bardziej obiecującą wskazówką obserwacyjną, wychwyconą w danych z pierwszego etapu pracy akceleratora LHC. Na ostateczne potwierdzenie – lub zanegowanie... – obecnego wyniku trzeba będzie jednak poczekać kilkanaście miesięcy, do momentu oficjalnego zakończenia analizy danych z fazy drugiej”, zaznacza dr hab. Marcin Kucharczyk, profesor Instytutu Fizyki Jądrowej PAN (IFJ PAN) w Krakowie, który to instytut jest jednym z uczestników eksperymentu LHCb.

Współczesna fizyka cząstek elementarnych oraz modele kosmologiczne sugerują, że antymateria powstawała w dokładnie takich samych ilościach co materia. Z faktem tym wiążą się spektakularne konsekwencje: gdy cząstka napotyka swoją antycząstkę, z dużym prawdopodobieństwem dochodzi do anihilacji, czyli procesu, w którym obie cząstki całkowicie przekształcają się w energię. Mechanizm ten jest niezwykle wydajny. Ilość energii powstająca przy anihilowaniu kilograma antymaterii z dobrym przybliżeniem odpowiada ilości energii, jaka uwalnia się wskutek spalania rocznej produkcji benzyny silnikowej ze wszystkich polskich rafinerii.

Gdyby we współczesnym kosmosie istniały planety, gwiazdy czy galaktyki zbudowane z antymaterii, powinny emitować duże ilości promieniowania o bardzo charakterystycznych energiach. Powstawałoby ono wskutek nieuniknionych oddziaływań z materią przeciwnego typu, prowadzących do anihilacji. Tymczasem astronomowie obserwują promieniowanie anihilacyjne tylko gdzieś tam i w szczątkowych ilościach, świetnie tłumaczonych zjawiskami fizycznymi, które i dziś odpowiadają za powstawanie niewielkich ilości antymaterii. Tak rodzi się fundamentalnie ważne pytanie: skoro pierwotnie materia i antymateria wypełniały Wszechświat w dokładnie jednakowych ilościach, dlaczego całkowicie nie zniknęły? Dlaczego niewielka część materii zdołała przetrwać erę anihilacji?

W świecie ożywionym wielkie wymierania, prowadzące do wyginięcia gatunków, trwają dziesiątki i setki tysięcy lat. Tymczasem wszystko wskazuje na to, że anihilująca z materią antymateria zniknęła z naszego wszechświata ułamki sekund po Wielkim Wybuchu. Na każde kilka miliardów cząstek materii ten gigantyczny kataklizm przetrwała zaledwie jedna. Gdyby podobna co do skali zagłada dotknęła ludzki gatunek, w ciągu sekund ze wszystkich ludzi na Ziemi przy życiu pozostałby tylko jeden człowiek. Pytanie, dlaczego tylko on przetrwał, byłoby z pewnością jak najbardziej na miejscu.

„We współczesnej fizyce przyjmuje się, że za istnienie materii powinny odpowiadać jakieś drobne różnice między właściwościami cząstek i antycząstek. Żeby w równaniach przekształcić cząstkę w antycząstkę, trzeba zmienić znak jej odpowiedniej cechy kwantowej – w przypadku elektronów czy kwarków tworzących protony i neutrony jest to ładunek elektryczny – oraz zmienić znak współrzędnych przestrzennych, czyli dokonać lustrzanego odbicia. Złożenie tych dwóch operacji jest nazywane symetrią CP, czyli symetrią ładunku i parzystości. Próby wykrycia różnic między antymaterią i materią sprowadzają się więc do tropienia zjawisk, w których symetria CP nie jest zachowywana”, wyjaśnia prof. Kucharczyk.

Szukając śladów łamania symetrii CP badacze z eksperymentu LHCb wybrali z ogromnej liczby zderzeń i produktów ich rozpadów ok. 6000 przypadków, w których cząstki Lambda b rozpadały się na proton oraz trzy mezony pi (piony), oraz ok. 1000 przypadków ze ścieżką rozpadu prowadzącą do protonu, pionu i dwóch kaonów. Szczegółowa analiza ujawniła, że kąty, pod którymi rozbiegają się produkty rozpadu, są dla barionów Lambda b niekiedy nieco inne niż dla ich antymaterialnych partnerów. Otrzymany wynik charakteryzuje się pewnością na poziomie 3,3 odchyłeń standardowych (sigma), co odpowiada prawdopodobieństwu ok. 99%, że nie jest przypadkową fluktuacją. W fizyce cząstek elementarnych przyjmuje się jednak, że o odkryciu można mówić dopiero przy pewności powyżej 5 sigma, a więc wtedy, gdy prawdopodobieństwo przypadkowej fluktuacji jest mniejsze niż jeden do ponad trzech milionów.

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 500 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:

dr hab. **Marcin Kucharczyk**, prof. IFJ PAN
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk
tel. +48 12 6628050
email: marcin.kucharczyk@ifj.edu.pl

PRACE NAUKOWE:

1. „Measurement of matter–antimatter differences in beauty baryon decays”
The LHCb collaboration
Nature Physics (2017)
DOI: 10.1038/nphys4021

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:

IFJ170222b_fot01s.jpg

HR: http://press.ifj.edu.pl/news/2017/02/22/IFJ170222b_fot01.jpg

W rozpadach barionów pięknych Λ_b wykryto pierwsze różnice między powszechną, barionową materią a jej antymaterialnymi odpowiednikami. Na zdjęciu zespół eksperymentu LHCb przy detektorze. (Źródło: CERN, The LHCb Collaboration)