# W LHC powabne bliźniaki zdominują jedynaków

18 czerwca 2016

Energie zderzeń w Wielkim Zderzaczu Hadronów pod Genewą są obecnie tak duże, że zaczyna tam dominować nowy mechanizm kreacji cząstek – stwierdzili naukowcy z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie. Ich odkrycie ma znaczenie przy projektowaniu nowych akceleratorów oraz eksperymentów na neutrinach.

Konfrontacja przewidywań teoretycznych z danymi z pomiarów nie pozostawia wątpliwości: w LHC jedne z cząstek elementarnych, mezony zawierające kwarki powabne, zaczynają powstawać w parach równie często jak pojedynczo – a nawet częściej. O badaniach poinformował IFJ PAN w przesłanym PAP komunikacie.

Analizy i przewidywania fizyków z IFJ PAN mają istotne znaczenie nie tylko dla projektantów przyszłych wielkich akceleratorów cząstek, ale także dla współczesnych eksperymentów dotyczących rejestracji neutrin napływających z kosmosu, takich jak słynny detektor IceCube na Antarktydzie.

Zderzenie protonu z protonem prowadzi – w wyniku skomplikowanych oddziaływań – do powstania wielu różnych cząstek. Dotychczas w badaniach prowadzonych we współczesnych akceleratorach cząstek (RHIC, Tevatron czy obecnie LHC) wśród produktów takich zderzeń rejestrowano m.in. tzw. mezony D0, które pojawiały się pojedynczo. Jednak od niedawna LHC rozpędza protony do granic swoich możliwości. W nowym zakresie energii zaobserwowano ciekawy efekt: tam, gdzie wcześniej powstawały pojedyncze mezony D0, teraz widać je dwójkami. Naukowcy z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN (IFJ PAN) w Krakowie wyjaśnili istotę tego zjawiska i wykazali, że wraz ze wzrostem energii musi ono odgrywać rolę dominującą w produkcji cząstek powabnych.

Najnowsze badania, których wyniki opublikowano w czasopiśmie „Physics Letters B”, przeprowadzono we współpracy z rosyjskimi fizykami z Państwowego Uniwersytetu Lotniczego w Samarze.

„Już kilka lat temu jako pierwsi przewidzieliśmy, że w wyniku zderzeń protonów o dostatecznie dużych energiach powinniśmy widzieć więcej mezonów powabnych powstających w parach niż pojedynczo. Nasza najnowsza publikacja nie tylko szczegółowo opisuje, dlaczego tak się dzieje, ale także udowadnia, że efekt ten rzeczywiście jest już doskonale widoczny w akceleratorze LHC” – mówi prof. Antoni Szczurek (IFJ PAN).

**MODELOWE ZDERZENIA**

Zgodnie z obecnie używanym przez fizyków Modelem Standardowym, cząstki, które uważamy za elementarne, pełnią różne funkcje. Bozony przenoszą oddziaływania: fotony – elektromagnetyczne, gluony – jądrowe silne, a bozony W+, W– i Z0 – jądrowe słabe. Materię tworzą fermiony. Należą do nich leptony – czyli elektrony, miony, taony oraz powiązane z nimi neutrina – oraz kwarki: dolne, górne, dziwne, powabne, piękne i prawdziwe. Trzy pierwsze rodzaje kwarków są nazywane lekkimi, trzy ostatnie – ciężkimi. Dodatkowo każdy kwark i lepton ma swojego antymaterialnego partnera. Dopełnieniem całości jest bozon Higgsa, który nadaje cząstkom masę (wszystkim oprócz gluonów i fotonów).

W naszym codziennym świecie kwarki ciężkie występują w niewielkich ilościach i pojawiają się tylko na niezwykle krótki czas, głównie w atmosferze Ziemi. Cała widzialna, stabilna materia, w tym protony i neutrony, z których są zbudowane atomy, składa się z kwarków dolnych i górnych. Gdy jednak dochodzi do zderzeń cząstek o dostatecznych energiach, mogą się pojawiać kwarki ciężkie. W przypadku kwarków powabnych (czyli najmniej masywnych kwarków ciężkich) dominującym procesem ich kreacji jest fuzja dwóch gluonów. W LHC dochodzi do niej podczas zderzeń protonu z protonem. Wskutek fuzji powstaje para kwark-antykwark. Ani kwark, ani

antykwark nie mogą istnieć samodzielnie, dlatego szybko wiążą się w pary z innymi kwarkami. Gdy w takiej parze jednym z kwarków jest kwark powabny, cząstkę nazywamy mezonem D, gdy antykwark powabny – antymezonem D.

„Przy niższych energiach wynikiem zderzenia gluonów zwykle są dwie cząstki: mezon D0 i jego antypartner, czyli antymezon D0. My pokazaliśmy, że energie wytwarzane w akceleratorze LHC są jednak już tak duże, że w trakcie jednego zderzenia gluony rozpraszają się nie raz, a dwa lub nawet więcej razy. Efektem pojedynczego zderzenia może być wtedy nie jeden mezon D0, lecz dwa lub nawet więcej – plus, naturalnie, odpowiednie antymezony" – mówi prof. Szczurek.

**BLIŹNIACY POBIJĄ JEDYNAKÓW**

Fizycy często nazywają kwarki i gluony partonami. Wielokrotne rozpraszanie partonów było zjawiskiem przewidzianym już wcześniej. Nie zajmowano się nim jednak bliżej, ponieważ nigdy nie grało istotnej roli w badanych procesach. Teraz w IFJ PAN pokazano, że sytuacja się zmieniła. Energie w akceleratorach są już tak duże, że wielokrotne rozpraszanie partonów staje się wiodącym mechanizmem odpowiedzialnym za produkcję mezonów i antymezonów powabnych.

„W danych z eksperymentu LHCb widać wiele przypadków, gdy zamiast jednego mezonu D0 mamy dwa. Jest to dokładnie ten efekt, którego oczekiwaliśmy: produkcja bliźniaków zaczyna być równie prawdopodobna jak produkcja jedynaków. W przyszłych akceleratorach, takich jak wstępnie projektowany Future Circular Collider, czyli następca LHC, zjawisko to zacznie odgrywać wręcz dominującą rolę w produkcji cząstek powabnych. Zapewne zobaczymy wtedy także zderzenia, których efektem będą nie dwa, a trzy i więcej mezonów" – mówi dr Rafał Maciuła (IFJ PAN).

Potencjalnie wielokrotne rozpraszanie partonów może prowadzić do powstawania mezonów zawierających inne ciężkie kwarki, np.

kwarki piękne. Obliczenia krakowskich fizyków pokazują jednak, że przy obecnych energiach zderzeń w LHC procesy te są znacznie mniej prawdopodobne. Ma to związek z masami kwarków: im większa masa, tym mniejsze prawdopodobieństwo produkcji, a kwarki piękne są zdecydowanie bardziej masywne od kwarków powabnych.

„Na razie musimy zadowolić się stwierdzeniem, że przy produkcji bliźniaków powab okazuje się znacznie korzystniejszy od piękna” – żartuje prof. Szczurek.

**KOSMICZNE ZNACZENIE**

Warto, aby wynikami badań z IFJ PAN zainteresowali się badacze projektujący eksperymenty dotyczące neutrin z kosmosu. Zdaniem krakowskich fizyków istnieje ryzyko, że część neutrin rejestrowanych przez urządzenia na lub pod powierzchnią Ziemi powstaje w wyniku oddziaływania promieniowania kosmicznego o dużej energii z atmosferą naszej planety. Badania nad wielokrotnym rozpraszaniem partonów mogą więc pomóc w ustaleniu, ile neutrin zaobserwowanych w detektorach rzeczywiście dotarło do nas z głębi kosmosu, a ile jest tylko szumem wynikającym z obecności atmosfery.

Źródło: NaukawPolsce.PAP.pl