



Kraków, 19 maja 2016

Zderzenia fotonów: Jest realna szansa na świetlny bilard!

Gdy podczas rozgrywki snookera jedna bila uderzy w drugą, obie sprężyście odskoczą od siebie. W przypadku dwóch fotonów podobnego procesu – zderzenia elastycznego – jeszcze nigdy nie udało się zaobserwować. Fizycy z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie wykazali jednak, że taki proces nie tylko powinien zachodzić, ale nawet będzie mógł być wkrótce zarejestrowany w zderzeniach ciężkich jonów w akceleratorze LHC.

Czy fotony mogą się zderzać ze sobą podobnie jak kule bilardowe: sprężyście, po kolizji rozbiegając się w różne strony? Takiego przebiegu interakcji między cząstkami światła jeszcze nigdy nie udało się zobaczyć, nawet w LHC, najpotężniejszym akceleratorze świata. Być może stanie się to wkrótce – dzięki bardzo szczegółowej analizie przebiegu zjawiska, dokonanej przez fizyków z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN (IFJ PAN) w Krakowie i opublikowanej w czasopiśmie „Physical Review C”.

Wstępne analizy elastycznego rozpraszania fotonów na fotonach zostały zaprezentowane kilka lat temu w jednym z opracowań fizyków Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych (CERN). Jednak krakowscy naukowcy, finansowani z grantu OPUS Narodowego Centrum Nauki, zbadali proces znacznie dokładniej. Nie tylko oszacowali, czy do zderzeń dojdzie, ale także uwzględnili więcej mechanizmów interakcji między fotonami i przewidzieli, w których kierunkach po zderzeniu polecą najwięcej fotonów i czy będą one mogły być zmierzone. Wyniki pozwalają przypuszczać, że przynajmniej część fotonów odchylonych wskutek elastycznych zderzeń powinna trafić do wnętrza detektorów zainstalowanych w LHC przy eksperymentach ATLAS, CMS i ALICE. Jeśli więc opisywane zjawisko rzeczywiście zachodzi, a wszystko na to wskazuje, to jego zaobserwowanie staje się możliwe już w najbliższych kilku latach.

„Elastyczne zderzenia fotonów z fotonami wydawały się dotychczas bardzo mało prawdopodobne. Wielu fizyków uznawało, że zarejestrowanie takich zderzeń w akceleratorze LHC jest wręcz niemożliwe. Tymczasem my udowadniamy, że zjawisko może być widoczne, choć nie w kolizjach protonów, które zachodzą dużo częściej”, mówi prof. dr hab. Antoni Szczurek (IFJ PAN).

Akcelerator LHC zderza wiązki protonów z protonami albo wiązki jąder ołowiu z jądrami ołowiu. Wcześniej w IFJ PAN pokazano, że gdyby w zderzeniach protonów dochodziło do elastycznych kolizji między fotonami, proces i tak byłby niewidoczny: przesłoniłyby go fotony wyemitowane w innym mechanizmie (inicjowanym przez gluony, cząstki przenoszące silne oddziaływania jądrowe). Na szczęście krakowscy naukowcy mieli w zanadru kilka innych pomysłów.

Wedle zasad optyki klasycznej, światło ze światłem nie oddziałuje. Fotony mogą jednak wchodzić w interakcję między sobą dzięki procesom kwantowym. Gdy dwa fotony przelatują koło siebie, nic nie stoi na przeszkodzie, żeby na ekstremalnie krótką chwilę wytworzyły się między nimi wirtualne pętle z kwarków lub leptonów (do których należą elektrony, miony, taony, stowarzyszone z nimi neutrino oraz ich antycząstki). Cząstki takie miałyby charakter wirtualny, co oznacza, że nie można ich zaobserwować. Jednak mimo swej wirtualności byłyby one odpowiedzialne za oddziaływanie między fotonami, po którym ponownie przekształcałyby się w rzeczywiste fotony. Dla obserwatora z zewnątrz cały proces wyglądałby tak, jakby jeden foton odbijał się od drugiego fotonu.

Niestety, fotony generowane przez nawet najpotężniejsze współczesne źródła światła mają energie liczone zaledwie w milionach elektronowoltów. Wedle standardów współczesnej fizyki jądrowej i cząstek elementarnych to wartości po prostu małe. Przy takich energiach prawdopodobieństwo zderzenia fotonu z fotonem z udziałem procesu kwantowego jest znikome, a strumienie fotonów, niezbędne do jego wystąpienia, musiałyby być gigantyczne.

„W tej sytuacji postanowiliśmy sprawdzić, czy do elastycznych zderzeń fotonów z udziałem cząstek wirtualnych może dojść podczas kolizji ciężkich jonów. I to był strzał w dziesiątkę! Duże ładunki elektryczne jąder ołowiu mogą bowiem prowadzić do narodzin fotonów. Jeśli proces zajdzie w zderzeniach jąder, które właśnie się mijają, foton generowany przez jedno jądro ma szansę zderzyć się z fotonem wytworzonym przez drugie. Wyliczyliśmy, że prawdopodobieństwo takiego przebiegu wydarzeń co prawda jest niewielkie, lecz niezerowe. Wszystko więc wskazuje, że proces można byłoby zaobserwować!”, mówi dr Mariola Klusek-Gawenda (IFJ PAN).

Co ciekawe, zderzenia badane teoretycznie przez krakowskich fizyków były bardzo specyficzne: analizowano nie tyle bezpośrednio kolizje jednego jądra ołowiu z drugim, ile procesy zachodzące bez bezpośredniego kontaktu jąder. Do interakcji dochodzi wtedy między polami elektromagnetycznymi obu jąder atomowych, które mogą przelatywać względem siebie nawet w dużych odległościach. Zderzenia tego typu są nazywane ultraperyferycznymi.

Potencjalnie fotony mogą oddziaływać między sobą także wskutek innego procesu: gdy przekształcą się kwantowo w wirtualne mezony, czyli cząstki zbudowane z par kwark-antykwar. Tak wyprodukowane mezony mogłyby oddziaływać ze sobą za pomocą silnych oddziaływań jądrowych – a więc tych sił fundamentalnych, które odpowiadają za związanie kwarków w protonach czy neutronach. Mechanizm ten fizycy z IFJ PAN zaprezentowali jako pierwsi. Wydaje się jednak, że zaobserwowanie świetlnych kolizji z jego udziałem na razie nie będzie możliwe: fotony po delikatnym odbiciu od siebie po prostu przelatywałyby obok detektorów działających obecnie przy akceleratorze LHC.

W badaniach nad elastycznymi zderzeniami fotonów z fotonami nie chodzi wyłącznie o lepsze zrozumienie już znanej fizyki. Potencjalnie w procesy kwantowe przenoszące oddziaływania między fotonami mogą być zaangażowane także cząstki elementarne, których jeszcze nie znamy. Gdyby więc pomiary elastycznego rozpraszania fotonów na fotonach dostarczyły innych wyników niż przewidywane przez krakowskich fizyków, mógłby to być sygnał prowadzący naukę ku zjawiskom zachodzącym z udziałem zupełnie nowej fizyki.

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

KONTAKT:

prof. dr hab. **Antoni Szczurek**
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk
tel. +48 12 6628212
email: antoni.szczurek@ifj.edu.pl

PRACE NAUKOWE:

„Light-by-light scattering in ultraperipheral Pb-Pb collisions at energies available at the CERN Large Hadron Collider”;
M. Klusek-Gawenda, P. Lebedowicz, A. Szczurek; Physical Review C vol. 93, iss. 4, 044907 (2016);
DOI: <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevC.93.044907>

POWIĄZANE STRONY WWW:

<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:

IFJ160519b_fot01s.jpg

HR: http://press.ifj.edu.pl/news/2016/05/19/IFJ160519b_fot01.jpg

Podczas ultraperyferycznych zderzeń jąder ołowiu w akceleratorze LHC może dojść do sprężystych zderzeń fotonów. (Źródło: IFJ PAN)