

[Akceptuje](#)

W ramach naszej witryny stosujemy pliki cookies w celu świadczenia państwu usług na najwyższym poziomie, w tym w sposób dostosowany do indywidualnych potrzeb. Korzystanie z witryny bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zamieszczone w Państwa urządzeniu końcowym. Możecie Państwo dokonać w każdym czasie zmiany ustawień dotyczących cookies. Więcej szczegółów w naszej [Polityce Prywatności](#)

[Portal](#) [Informacje](#) [Katalog firm](#) [Praca](#) [Szkolenia](#) [Wydarzenia](#) [Porównania międzylaboratoryjne](#)
[Kontakt](#)



[Laboratoria](#)
[.net](#)
[Innowacje](#)
[Nauka](#)
[Technologie](#)



[Logowanie](#) [Rejestracja](#) [pl](#)

Newsletter

zapisz się

Naukowy styl życia

Nauka i biznes

- [Nowe technologie](#)
- [Felieton](#)
- [Tygodnik "Nature"](#)
- [Edukacja](#)
- [Artykuły](#)
- [Przemysł](#)

[Strona główna](#) > [Informacje](#)

Maksymalne splątanie w protonie potwierdzone

Podczas zderzeń fotonów z protonami we wnętrzu protonu można obserwować maksymalne splątanie kwarków i gluonów. Zespół z udziałem badaczy z IFJ PAN pokazał, że jest to

zjawisko uniwersalne, obecne w obu znanych nam mechanizmach produkcji cząstek wtórnych.

Półtora roku temu odkryto, że różne części wnętrza protonu muszą być ze sobą kwantowo maksymalnie splątane. Wynik ten (osiągnięty przy współudziale prof. Krzysztofa Kutaka z IFJ PAN w Krakowie oraz prof. Martina Hentschinskiego z Universidad de las Americas Puebla), był konsekwencją rozważań i obserwacji dotyczących zderzeń wysokoenergetycznych fotonów z kwarkami i gluonami w protonach.

Teraz w artykule opublikowanym w czasopiśmie „Physical Review Letters” międzynarodowy zespół fizyków zaprezentował dopełniającą analizę splątania. Dotyczy ona przypadków zderzeń fotonów z protonami, w których cząstki wtórne (hadrony) są wytwarzane w procesie nazywanym produkcją dyfrakcyjną.

Główne pytanie brzmiało: czy i w tych przypadkach wśród kwarków i gluonów protonu pojawia się splątanie, a jeśli tak, czy także jest maksymalne? O badaniach tych informują przedstawiciele IFJ PAN w przesłanym PAP komunikacie.

SPLĄTANIE NA PRZYKŁADZIE ORŁÓW I RESZEK

O splątaniu różnych obiektów kwantowych fizycy mówią wtedy, gdy wartości jakiejś cechy tych obiektów są powiązane. Splątania kwantowego nie obserwujemy w klasycznym świecie, lecz jego istotę można wytłumaczyć za pomocą rzutów dwiema monetami - wyjaśniają przedstawiciele IFJ PAN.

Każda moneta ma dwie strony i gdy upadnie, może z tym samym prawdopodobieństwem przyjąć jedną z dwóch wzajemnie się wykluczających wartości: orła lub reszkę. Z korelacją podobną do splątania kwantowego mielibyśmy do czynienia, gdybyśmy rzucając jednocześnie dwiema monetami na końcu zawsze otrzymywali wyłącznie dwa różne stany (orła i reszkę) albo - w innym przypadku - dwa identyczne (dwa orły bądź dwie reszki).

Splątanie miałoby tu wartość maksymalną, ponieważ żadna wartość nie byłaby faworyzowana: prawdopodobieństwo, że dana moneta znajdzie się w stanie reszka lub orzeł nadal wynosiłoby 50 proc. Gdyby korelacja lub splątanie nie było maksymalne, sytuacja wyglądałaby inaczej i czasami zamiast dwóch kombinacji stanów obserwowalibyśmy także pozostałe.

ILE HADRONÓW POWSTANIE

„W fizyce jądrowej istnienie maksymalnego splątania widać w danych eksperymentalnych wtedy, gdy patrząc na nie wiemy, że... nic nie wiemy. Mniej żartobliwie należałoby powiedzieć, że ze stanami maksymalnie splątanymi mamy do czynienia, gdy nie potrafimy przewidzieć, ile hadronów - cząstek wtórnych oddziałujących silnie - powstanie w danym zderzeniu” - wyjaśnia prof. Kutek cytowany w komunikacie IFJ PAN.

Wcześniejsze badania nad maksymalnym splątaniem wnętrza protonu miały związek z sytuacjami, gdy hadrony były wytwarzane w procesach zwanych zderzeniami głęboko nieelastycznymi. W eksperymentach łatwo te przypadki dostrzec, ponieważ cząstki wtórne rozbiegają się praktycznie we wszystkich kierunkach „do przodu” (czyli tych z udziałem pierwotnego kierunku ruchu protonu).

PRODUKCJA DYFRAKCYJNA

„Wiadomo jednak, że mniej więcej co dziesiąte zderzenie zachodzi inaczej: za punktem zderzenia w pewnych przedziałach kątowych w ogóle nie widać cząstek. Właśnie takie procesy nazywamy

produkcją dyfrakcyjną i to one znalazły się w centrum naszych obecnych badań nad splątaniem kwantowym” - uzupełnia prof. Kutak.

Produkcja w procesie zderzenia głęboko nieelastycznego jest efektem interakcji fotonu z partonami (kwarkami i gluonami) w protonie. W przypadku produkcji dyfrakcyjnej foton także oddziałuje w protonie z partonem, ale takim, który jest częścią większej struktury, przez fizyków określanej mianem pomeronu.

CO TO SĄ POMERONY

Najważniejszą cechą kwantową gluonów jest kolor (z kolorem znanym z codzienności niemający nic wspólnego prócz nazwy). Cząstki wtórne, obserwowane w detektorach jako efekt zderzenia, są rezultatem procesów, w których kwarki i gluony w protonie wymieniają się ładunkiem koloru.

Jednak gluony mogą tworzyć chwilowe kompleksy nazywane pomeronami, gdzie kolor jest wzajemnie neutralizowany. Gdy w trakcie zderzenia fotonu z partonem okaże się, że parton był częścią pomeronu, zderzenie nie doprowadzi do wyprodukowania hadronów rozbiegających się w pełnym zakresie kątowym pokrywanym przez detektory. Oznacza to, że część detektorów, teoretycznie zdolnych zobaczyć cząstki produkowane w omawianej fazie zderzenia, pozostanie milcząca.

POMERONY A MAKSYMALNE SPLĄTANIE

Międzynarodowy zespół fizyków zdołał właśnie wykazać, że w trakcie zderzeń z udziałem pomeronów także tworzy się we wnętrzu protonu stan, w którym wszystkie cząstki są maksymalnie splątane. W stosunku do wcześniej analizowanych przypadków widać jednak pewną różnicę: gdy do akcji wkraczają pomerony, maksymalne splątanie pojawia się nieco później.

Obecne badania są dopełnieniem dotychczasowej wiedzy o przebiegu wydarzeń podczas zderzeń fotonów z protonami. Dzięki nim można dziś powiedzieć, że maksymalne splątanie jest w tych procesach zjawiskiem uniwersalnym, obecnym w obu znanych nam mechanizmach produkcji cząstek wtórnych.

„Nasz rezultat ma znaczenie nie tylko teoretyczne, ale także praktyczne. Głębsze zrozumienie sposobu, w jaki we wnętrzu protonu formuje się stan maksymalnie splątany, pozwoli bowiem na lepszą interpretację wyników z przyszłych zderzaczy cząstek, takich jak Electron-Ion Collider” - podsumowuje prof. Kutak.

Po stronie polskiej badania zostały sfinansowane ze środków europejskiego projektu STRONG-2020 oraz grantu polsko-amerykańskiej Fundacji Kościuszkowskiej.

Źródło: pap.pl

<https://laboratoria.net/aktualnosci/32081.html>



13-04-2026

[Mity na temat epilepsji](#)

Atak epilepsji nie zawsze przebiega tak samo.



13-04-2026

[Marzec był drugim najcieplejszym miesiącem w Europie](#)

Wynika z danych naukowców unijnego programu obserwacji Ziemi Copernicus.



13-04-2026

[Sporadyczne picie dużych ilości alkoholu](#)

Może trzykrotnie zwiększać ryzyko uszkodzenia wątroby.



13-04-2026

[W nagłych przypadkach ChatGPT Health często uspokaja](#)

Zamiast zalecać szukanie pomocy.



13-04-2026

Dieta bogata w warzywa i owoce zmniejsza ryzyko demencji nawet u...

Sugerują badania opublikowane przez pismo „Neurology”.



13-04-2026

Nie kompromitujcie nas, czyli jak chronić dane biometryczne

Naukowiec przewiduje, czy w przyszłości uda się utrudnić kradzieże.



13-04-2026

Ruszyła Akademia Energii Jądrowej

Pilotażowy program edukacyjny Polskich Elektrowni Jądrowych.



13-04-2026

Neurolog w Światowym Dniu Choroby Parkinsona

Chorych będzie coraz więcej

Informacje dnia: [Mity na temat epilepsji](#) [Marzec był drugim najcieplejszym miesiącem w Europie](#) [Sporadyczne picie dużych ilości alkoholu](#) [W nagłych przypadkach ChatGPT Health często uspokaja](#) [Dieta bogata w warzywa i owoce zmniejsza ryzyko demencji nawet u seniorów](#) [Nie kompromitujcie nas, czyli jak chronić dane biometryczne](#) [Mity na temat epilepsji](#) [Marzec był drugim najcieplejszym miesiącem w Europie](#) [Sporadyczne picie dużych ilości alkoholu](#) [W nagłych przypadkach ChatGPT Health często uspokaja](#) [Dieta bogata w warzywa i owoce zmniejsza ryzyko demencji nawet u seniorów](#) [Nie kompromitujcie nas, czyli jak chronić dane biometryczne](#) [Mity na temat epilepsji](#) [Marzec był drugim najcieplejszym miesiącem w Europie](#) [Sporadyczne picie dużych ilości alkoholu](#) [W nagłych przypadkach ChatGPT Health często uspokaja](#) [Dieta bogata w warzywa i owoce zmniejsza ryzyko demencji nawet u seniorów](#) [Nie kompromitujcie nas, czyli jak chronić dane biometryczne](#)

Partnerzy