

Czy względność leży u źródeł kwantowej egzotyki?

12 sierpnia 2020

Najważniejsze cechy świata kwantów mogą wynikać ze szczególnej teorii względności, która do tej pory z mechaniką kwantową wydawała się nie mieć wiele wspólnego – uważają fizycy dr hab. Andrzej Dragan i prof. Artur Ekert.

Od czasu pojawienia się mechaniki kwantowej, a także szczególnej i ogólnej teorii względności, fizykom spędza sen z powiek niekompatybilność tych trzech konstrukcji.

Powszechnie przyjmowano, że opis mechaniki kwantowej jest bardziej fundamentalny i to teorię względności trzeba będzie do niego dopasować. Dr hab. Andrzej Dragan z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego (FUW) oraz prof. Artur Ekert z Uniwersytetu w Oksfordzie (UO) właśnie zaprezentowali rozumowanie prowadzące do innego wniosku.

W artykule „Kwantowa zasada względności”, opublikowanym w czasopiśmie „New Journal of Physics”, dowodzą oni, że cechy mechaniki kwantowej decydujące o jej unikatowości i tak nieintuicyjnej egzotyce, na dodatek przyjmowane w niej „na wiarę” (jako aksjomaty), można wyjaśnić w ramach szczególnej teorii względności. Trzeba się tylko zdecydować na pewien dość nieortodoksyjny krok.

Badania te opisują przedstawiciele FUW w przesłanym PAP komunikacie.

Albert Einstein zbudował szczególną teorię względności na dwóch postulatach. Pierwszy jest znany jako zasada względności Galileusza (która, nota bene, jest szczególnym przypadkiem zasady kopernikańskiej). Mówi ona, że fizyka jest taka sama w każdym układzie inercjalnym (czyli albo pozostającym w spoczynku, albo poruszającym się ruchem jednostajnym

prostoliniowym). Drugi postulat, zbudowany na wyniku słynnego eksperymentu Michelsona-Morleya, narzucał wymóg stałości prędkości światła w każdym układzie odniesienia.

„Einstein uważał drugi postulat za kluczowy. W rzeczywistości kluczowa jest zasada względności. Już w 1910 roku Władimir Ignatowski pokazał, że bazując tylko na niej można odtworzyć wszystkie zjawiska relatywistyczne szczególnej teorii względności. Efektownie proste rozumowanie, prowadzące bezpośrednio od zasady względności do relatywistyki, przedstawił też w 1992 roku profesor Andrzej Szymacha z naszego Wydziału” – mówi dr Dragan cytowany w komunikacie FUW.

Szczególna teoria względności to spójna struktura, która dopuszcza trzy matematycznie poprawne rodzaje rozwiązań: świat cząstek poruszających się z prędkościami podświetlnymi, świat cząstek poruszających się z prędkością światła i świat cząstek poruszających się z prędkościami nadświetlnymi. Ten trzeci wariant zawsze odrzucano jako niemający nic wspólnego z rzeczywistością.

„Postawiliśmy pytanie: co się stanie gdy – na razie bez wnikania w fizyczność czy нефизычность rozwiązań – potraktujemy serio nie część szczególnej teorii względności, lecz ją całą, razem z reżimem nadświetlnym? Spodziewaliśmy się paradoksów przyczynowo-skutkowych. Tymczasem zobaczyliśmy dokładnie te efekty, które tworzą najgłębszy rdzeń mechaniki kwantowej” – mówią dr Dragan i prof. Ekert.

Początkowo obaj teoretycy rozważali przypadek uproszczony: czasoprzestrzeń ze wszystkimi trzema rodzinami rozwiązań, ale składającą się tylko z jednego wymiaru przestrzennego i jednego czasowego (1+1). Cząstka pozostająca tu w spoczynku w jednym reżimie rozwiązań, w drugim wydaje się poruszać nadświetlnie, co oznacza, że sama nadświetlność jest względna.

W tak skonstruowanej czasoprzestrzeni w naturalny sposób pojawiają się wydarzenia niedeterministyczne. Jeśli bowiem w

jednym reżimie w punkcie A dochodzi do nawet całkowicie przewidywalnego wygenerowania cząstki nadświatłnej emitowanej ku punktowi B, gdzie informacji o powodach emisji po prostu nie ma, to z punktu widzenia obserwatora w drugim reżimie wydarzenia przebiegają od punktu B do punktu A, a więc zaczynają się od wydarzenia zupełnie nieprzewidywalnego. Okazuje się, że analogiczne efekty pojawiają się także w przypadku emisji cząstek podświatlnych.

Obaj teoretycy wykazali ponadto, że po uwzględnieniu rozwiązań nadświatlnych naturalnie pojawia się ruch cząstki po wielu torach jednocześnie, a opis przebiegu zdarzeń wymaga wprowadzenia sumy zespolonych amplitud prawdopodobieństwa świadczących o istnieniu superpozycji stanów, zjawiska dotychczas kojarzonego wyłącznie z mechaniką kwantową.

W przypadku czasoprzestrzeni z trzema wymiarami przestrzennymi i jednym czasowym (3+1), czyli odpowiadającej naszej fizycznej rzeczywistości, sytuacja jest bardziej skomplikowana. Zasada względności w swojej oryginalnej postaci nie jest zachowywana, reżimy podświatlny i nadświatlny są rozróżnialne. Jednak badacze zauważyli, że gdy zmodyfikuje się zasadę względności do postaci: „Możliwość opisu zdarzenia w sposób lokalny i deterministyczny nie powinna zależeć od wyboru inercjalnego układu odniesienia”, ograniczy ona rozwiązania do tych, w których wszystkie wnioski z rozważań w czasoprzestrzeni (1+1) pozostają ważne.

„Zwróciliśmy przy okazji uwagę na możliwość ciekawej interpretacji roli poszczególnych wymiarów. W reżimie wyglądającym dla obserwatora na nadświatlny niektóre wymiary czasoprzestrzenne wydają się zmieniać swoje fizyczne role. Tylko jeden wymiar świata nadświatlnego ma charakter przestrzenny: ten, wzdłuż którego porusza się cząstka. Pozostałe trzy wymiary wydają się wymiarami czasowymi” – mówi dr Dragan.

Charakterystyczną cechą wymiarów przestrzennych jest to, że

cząstka może się w nich przemieszczać w każdą stronę lub pozostawać w spoczynku, podczas gdy w wymiarze czasowym zawsze propaguje się w jedną stronę (co w potocznym języku nazywamy starzeniem). Trzy wymiary czasowe reżimu nadświatlnego przy jednym przestrzennym (1+3) oznaczałyby więc, że cząstki w nieuchronny sposób starzeją się w trzech czasach jednocześnie.

Proces starzenia się cząstki w reżimie nadświatlnym (1+3), obserwowany z reżimu podświatlnego (3+1), wyglądałby tak, jakby cząstka przemieszczała się jak fala kulista, prowadząc ku słynnej zasadzie Huygensa (każdy punkt ośrodka, do którego dotarło czoło fali, można traktować jako źródło nowej fali kulistej) oraz ku dualizmowi korpuskularno-falowemu.

„Cała dziwność, która pojawia się przy rozważaniu rozwiązań odnoszących się do reżimu wyglądającego na nadświatlny, okazuje się nie być dziwniejsza od tego, co od dawna mówi powszechnie akceptowana i doświadczalnie zweryfikowana teoria kwantowa. Przeciwnie, uwzględniając reżim nadświatlny można – przynajmniej teoretycznie – wyprowadzić ze szczególnej teorii względności część postulatów mechaniki kwantowej, które zazwyczaj przyjmowano jako niewynikające z innych, bardziej fundamentalnych przyczyn” – podsumowuje dr Dragan.

Niemal od stu lat mechanika kwantowa czeka na głębszą teorię, która pozwoliłaby wyjaśnić naturę jej zagadkowych zjawisk. „Gdyby rozumowanie zaprezentowane przez fizyków z FUW i UO oparło się próbie czasu, historia okrutnie zakpiłaby ze wszystkich fizyków. Poszukiwana od dekad „nieznana” teoria, wyjaśniająca niezwykłość mechaniki kwantowej, byłaby bowiem strukturą znaną już od pierwszych prac nad teorią kwantów” – podsumowują badania przedstawiciele FUW.

Źródło: NaukawPolsce.PAP.pl