# Einstein ratuje kota Schrödingera

28 czerwca 2015

W świecie kwantowym cząstki mogą szaleć i być w więcej niż jednym miejscu naraz. Ale to, że podobnych szaleństw nie widzimy w skali makro, może być sprawką grawitacji. Ona może demaskować cząstki i zabraniać im kwantowych zabaw.

Niezwykłe związki między mechaniką kwantową i teorią względności ukazali fizycy z międzynarodowego zespołu, kierowanego przez Časlava Bruknera. Badania, których współautorką jest Polka, dr Magdalena Zych, ukazały się w czerwcu w prestiżowym czasopiśmie „Nature Physics".

**W POSZUKIWANIU TEORII WSZYSTKIEGO**

Naukowcy w swoich badaniach zajęli się zjawiskami, które obejmują dwie teorie: mechanikę kwantową (opisującą świat cząstek elementarnych) i ogólną teorię względności (opisuje m.in. efekty dotyczące grawitacji i czasu). Połączenie tych dwóch wielkich teorii i pełne opisanie grawitacji kwantowej to jedno z większych wyzwań w fizyce. Wyniki zespołu są krokiem w stronę poznania zależności między mechaniką kwantową a grawitacją.

„Jeżeli chcemy przejść całą drogę od obecnego stanu fizyki eksperymentalnej, do momentu, w którym będziemy w stanie badać efekty kwantowej grawitacji, musimy najpierw zbadać reżim, w którym widoczne są i efekty mechaniki kwantowej, i ogólnej teorii względności. Taki reżim właśnie w swojej pracy opisujemy" – powiedziała w rozmowie z PAP dr Magdalena Zych, absolwentka Międzywydziałowych Studiów Matematyczno-Przyrodniczych Uniwersytetu Łódzkiego, obecnie na stażu w australijskim Uniwersytecie w Queensland.

„Niewiele jest opisanych zjawisk, które łączą obie teorie,

jedno z nich to promieniowanie czarnych dziur opisane przez Stephena Hawkinga” – zaznaczyła fizyk. Podkreśliła jednak, że efekt, który wspólnie z kolegami opisali, obserwowany mógłby być znacznie łatwiej, już w ziemskich warunkach i z cząstkami o niskich energiach. Zespół opracował teorię dotyczącą tego zjawiska.

**UMRZEĆ – TEGO NIE ROBI SIĘ KOTU SCHRÖDINGERA**

Aby zrozumieć, na czym polegają badania zespołu, trzeba wyjaśnić efekt zachodzący w świecie cząstek elementarnych – tzw. kwantową superpozycję. Gdyby świat był całkowicie klasyczny, każda cząstka byłaby zawsze w jakimś konkretnym położeniu. „Jeśli jednak cząstka jest w stanie superpozycji położenia A i B, możemy ją znaleźć i w A i w B – z pewnym prawdopodobieństwem” – powiedziała dr Zych. Superpozycja to nie jest jednak bycie w dwóch miejscach na raz. „To bardziej jak dodawanie kolorów niż jak bilokacja: jeśli połączę żółtą farbę z niebieską, powstanie farba w nowym kolorze, będzie zielona, a nie i żółta, i niebieska jednocześnie. Superpozycja to zupełnie nowy stan cząstki” – podkreśliła. Słynny jest eksperyment myślowy dotyczący superpozycji, z udziałem kota Schrödingera: jeśli mechanika kwantowa faktycznie opisuje przyrodę w każdej skali, możliwa jest sytuacja, w której kot będzie w superpozycji bycia żywym i martwym. „To obrazuje, jak odmienny byłby nasz świat, gdybyśmy mogli na co dzień obserwować dowolne efekty kwantowe” – zaznaczyła fizyk.

„I tu rodzi się pytanie: dlaczego takich efektów nie obserwujemy na co dzień? Często przecież obserwujemy koty żywe, rzadziej – martwe, ale nigdy nie obserwujemy kotów w superpozycji. A o cząstkach, które są w superpozycji – wiemy jedynie dzięki specjalnie zaaranżowanym eksperymentom, i to z cząstkami składającymi się z co najwyżej kilku tysięcy atomów” – stwierdziła dr Zych.

Okazuje się bowiem, że jeśli informacja o stanie cząstki wycieknie do otoczenia, superpozycja znika, a układ przyjmuje

stan zgodny z naszym codziennym doświadczeniem. Cząstki bowiem „nie chcą” być zaobserwowane w superpozycji. Dr Zych przyznała, że chociaż dużo już wiadomo na temat tego, jak np. oddziaływania elektromagnetyczne przyczyniają się do degradacji kwantowych superpozycji, fizycy wciąż badają, dlaczego właściwe stany superpozycji są takie delikatne, a stany z dobrze określonym położeniem – już mniej, i mogą przetrwać w skali makroskopowej, np. w obiektach wielkości kota.

**PRZYZIEMNI STARZEJĄ SIĘ WOLNIEJ**

„My spojrzeliśmy na problem od innej strony. Badaliśmy, jak z mechaniką kwantową łączy się tzw. dylatacja czasu uwzględniona w ogólnej teorii względności” – stwierdziła.

Wyjaśniła, że według ogólnej teorii względności Alberta Einsteina grawitacja jest efektem tego, że masy powodują zakrzywienie czasoprzestrzeni. „Tu pomoże analogia z rozpięta membraną. Jeśli położy się na niej ciężką kulę, membrana się ugnie, a inne obiekty umieszczone na membranie będą zakrzywiać swoje tory ruchu w stronę kuli. Podobnie grawitacja powoduje zakrzywienie czasoprzestrzeni, a więc i czasu” – powiedziała fizyk. Dodała, że w konsekwencji czas płynie wolniej w pobliżu dużej masy niż z dala od niej – to właśnie jest efekt zwany grawitacyjną dylatacją czasu. „Lepiej więc mieszkać na parterze niż na ostatnim piętrze wieżowca, bo gdy jesteśmy bliżej Ziemi starzejemy się wolniej” – zażartowała badaczka. Dodała jednak, że to są różnice rzędu kilkunastu nanosekund w skali roku.

**CZASY SIĘ ZMIENIAJĄ, POZYCJE TEŻ**

W swoich wcześniejszych badaniach (opublikowanych w czasopiśmie „Nature Communications”) dr Zych i koledzy postawili sobie pytanie: co się stanie, jeśli w superpozycji znajdzie się cząstka „z zegarkiem”, np. atom którego stan energetyczny oscyluje w czasie i jeśli taki atom będzie w

superpozycji w różnych odległościach od masy – np. na różnych wysokościach nad Ziemią. W skutek grawitacyjnej dylatacji czasu „zegarek” zdradziłby położenie cząstki. A superpozycje utrzymują się tylko wtedy, kiedy nie ma żadnej możliwości, aby poznać, gdzie była cząstka. „Pokazaliśmy, że im bardziej „zegarek” może zdradzić cząstkę, tym bardziej superpozycja niknie…” – opowiedziała badaczka.

Najnowsza praca rozszerza te badania w zaskakującym kierunku: zajmuje się efektami dylatacji czasu dla cząstek, które nie mają wewnętrznych „zegarków”. „Wydawałoby się, że dylatacja czasu nie powinna tam prowadzić do żadnych nowych efektów. Ale tak nie jest” – opowiada naukowiec.

Fizycy badali, co dzieje się w całych strukturach cząstek takich jak molekuły lub jeszcze większe, makroskopowe obiekty. „Tam atomy nie siedzą spokojnie. Wibrują. A im większa jest temperatura obiektu, tym te wibracje są szybsze. Nie zmierzymy czasu za pomocą tych wibracji, czyli za pomocą temperatury, ale fakt, że te wibracje występują i że dylatacja czasu działa na nie tak, jak i na każdy inny proces w przyrodzie, sprawia, że cząstka zaczyna się zachowywać w sposób klasyczny” – przyznała i dodała: „Z im większej liczby cząstek zbudowany jest obiekt i im wyższą ma temperaturę, tym dylatacja czasu szybciej jest w stanie zdegradować superpozycję”.

Przyznała, że w temperaturze pokojowej już w przypadku obiektu ważącego jeden gram, superpozycja z różnicą wysokości 1 mm przetrwa zaledwie jedną mikrosekundę: „To było dla nas najbardziej zaskakujące – że już tak słaba grawitacja, jak ta na Ziemi, może powodować tak znaczący efekt” – dodała.

Prace zespołu rzucają nowe światło na reżim, gdzie mechanika kwantowa spotyka się z ogólną teorią względności.

„Jesteśmy w kontakcie z grupami, które są zainteresowane realizacją eksperymentów, których teorię opisaliśmy” – zaznaczyła badaczka i przyznała, że jeśli taki eksperyment uda

się wykonać, będzie to krok milowy dla fizyki eksperymentalnej. Żadnej grupie nie udało się jeszcze przetestować reżimu, gdzie rolę grają zarówno mechanika kwantowa jak i teoria grawitacji Einsteina.

Autorstwo: Ludwika Tomala
Źródło: NaukawPolsce.PAP.pl