12 czerwca 2019 roku
Informacja prasowa

Sukces polskich fizyków w badaniach nad kondensatem Bosego-Einsteina

Badania naukowców z Centrum Fizyki Teoretycznej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie poszerzyły naszą wiedzę na temat kwantowych właściwości materii. W niedalekiej przyszłości ich zastosowanie pozwoli przyspieszyć rozwój nowych technologii, takich jak komputery kwantowe czy super dokładne detektory fal grawitacyjnych. Wyniki uzyskane przy udziale polskich fizyków, to osiągnięcie na skalę światową.

Polscy fizycy, pod kierunkiem prof. Kazimierza Rzążewskiego, uczestniczyli w pionierskim eksperymencie pomiaru fluktuacji liczby cząstek w kondensacie Bosego-Einsteina. Zespół prof. Rzążewskiego odpowiadał za podstawę teoretyczną projektu, natomiast eksperyment w całości wykonano w Danii.

– Wspólnymi siłami z naukowcami z Danii i Niemiec dokonaliśmy prekursorskiego pomiaru – cieszy się **prof. Kazimierzy Rzążewski z Centrum Fizyki Teoretycznej PAN**. – Otworzyliśmy furtkę do lepszego zrozumienia własności statystycznych w zimnych atomach. W tej dziedzinie jest ciągle wiele zagadek, nad którymi pracują obecnie setki laboratoriów na świecie. Wypracowane w naszym eksperymencie metody przyspieszą ich prace – mówi profesor, który od wielu lat zajmuje się tą tematyką od strony teoretycznej.

– Wynik otwiera nowe możliwości praktyczne, zwłaszcza w dziedzinie metrologii. Dotychczas, fluktuacje liczby cząstek były odpowiedzialne za istotne szumy, zmniejszające precyzję pomiarów. Metody, które zastosowano w eksperymencie pozwolą przezwyciężyć takie problemy. Kolejnym zastosowaniem jest tworzenie stanów splątanych, będących niezbędnym elementem wszystkich kwantowych technologii” – dodaje **dr Krzysztof Pawłowski, członek grupy badawczej**. Wraz z nim w zespole prof. Rzążewskiego pracował także Michał Iglicki, obecnie doktorant Uniwersytetu Warszawskiego.

Artykuł opisujący najnowsze osiągnięcie polskich fizyków został **opublikowany w kwietniu 2019 roku w renomowanym czasopiśmie „Physical Review Letters”** (dodatkowo wyróżniony przez jego redakcję). Warto zaznaczyć, że został on niezwykle dobrze oceniony przez środowisko naukowe, czego dowodem jest komentarz jednego z recenzentów publikacji, który określił eksperyment jako „tour de force”.

Ale po co to wszystko?

Badania związane z kondensatem Bosego-Einsteina i chmurami zimnych atomów przyspieszają rozwój wielu nowych technologii. Chmury zimnych atomów są już m.in rutynowo używane w najdokładniejszych na świecie zegarach atomowych. Stosunkowo niedawno zaczęto je także wykorzystywać do bardzo precyzyjnych pomiarów pól magnetycznych i grawitacyjnych. Dzięki temu możliwy jest już na przykład pomiar przyciągania grawitacyjnego wywołanego masą człowieka (i to nawet szczupłego). W przyszłości może to pozwolić na badania ruchów mas w głębi Ziemi i przewidywanie trzęsień Ziemi. Osobną gałęzią badań nad kondensatem Bosego-Einsteina jest też wykorzystanie go do budowy komputerów kwantowych. Idea komputerów kwantowych jest oparta na kwantowych bitach, zwanych kubitami, w których "0" i "1" mogą występować jednocześnie. Ich zastosowanie pozwoli wykonywać złożone zadania matematyczne, szybciej niż jest to możliwe z wykorzystaniem klasycznych komputerów.

Co zmierzono w opisywanym eksperymencie?
W eksperymencie zmierzono, ile ze schłodzonych atomów tworzy kondensat Bosego-Einsteina, a ile pozostaje zwykłym zimnym gazem, oraz w jakim stopniu liczby te podlegają zmianom (fluktuacjom). Choć badania nad właściwościami kondensatu ciągle się rozwijają, nikomu dotychczas nie udało się zmierzyć jednej z jego podstawowych właściwości. Zespół, w którego skład wchodzili polscy naukowcy, opracował unikalne metody przygotowania chmury atomów, z ustaloną liczbą cząstek, z precyzją sięgającą dziesiątych części procenta. Pozwoliło to na wielokrotne dokładne zmierzenie liczby atomów tworzących kondensat i określenie jak liczba ta fluktuuje.

Było to jednak wyzwanie nie tylko pod względem eksperymentalnym, ale także teoretycznym. Fizycy bowiem od dawna zastanawiali się nad tym, jakimi równaniami powinno się opisywać fluktuacje liczby atomów w kondensacie Bosego-Einsteina. Pytanie to pozostaje od lat otwarte, ponieważ nawet drobne zmiany w modelach teoretycznych prowadzą do zupełnie różnych wyników. Jednym z głównych problemów, nad którego rozwiązaniem wciąż pracują naukowcy, jest uwzględnienie w opisie teoretycznym zderzeń pomiędzy setkami tysięcy atomów tworzących kondensat. Polscy fizycy, używając metody pól klasycznych wykazali, że w zrealizowanym doświadczeniu wpływ zderzeń między atomami na uzyskiwane wyniki jest niezwykle mały. Pozwoliło to na bardzo precyzyjną analizę przeprowadzonych badań.

Tour de force niemal 100 lat po Einsteinie
95 lat – tyle upłynęło od momentu, w którym Einstein przewidział istnienie kondensatu, do zmierzenia fluktuacji, które w nim zachodzą. Realizacja tego prekursorskiego projektu trwała ponad trzy lata (2016-2019). W badania, oprócz Polaków, zaangażowani byli także fizycy z Uniwersytetu w Aarhus w Danii i Uniwersytetu w Hanowerze w Niemczech – w sumie 10 naukowców. Projektem kierował prof. Jan Arlt z Danii, który zajmuje się badaniem kwantowych własności gazów schłodzonych do ultraniskich temperatur. To właśnie w jego laboratorium na Uniwersytecie Aarhus uzyskano wynik doświadczalny.

Badania zostały sfinansowane przez kilka instytucji z różnych krajów. Polskich naukowców wsparło Narodowe Centrum Nauki, badaczy z Niemiec Deutsche Forschungsgemeinschaft. Duńczycy otrzymali pomoc z Villum Fundation i Danish Council for Independent Research, oraz the Carlsberg Fundation. The Carlsberg Fundation to fundacja założona, przez Duński browar Carlsberg, która wspiera innowacyjne badania naukowe.

Co to jest kondensat Bosego-Einsteina?
Kondensat Bosego-Einsteina to stan skupienia materii, który występuje w skrajnie niskich temperaturach, niewiele tylko wyższych od temperatury zera bezwzględnego (−273,15 °C = 0 K). Gdy materia osiąga ten stan skupienia, uwidaczniają się jej kwantowe właściwości. Atomy w kondensacie są tak zimne, że zachowują się bardziej jak fale niż jak cząstki. Co więcej, ponieważ fale poszczególnych atomów nakładają się na siebie, to kondensat zachowuje się jak jeden „superatom”. Kondensat Bosego-Einsteina tworzy jedną wielką falę materii, która jest sumą setek tysięcy tworzących go atomów. Pierwszy kondensat stworzono eksperymentalnie w 1995 roku, a pracujące nad nim zespoły naukowców zostały uhonorowane w 2001 roku Nagrodą Nobla.

Tradycyjnie wyróżnia się 3 stany skupienia materii: stan gazowy, ciekły i stały. Możliwość wystąpienia, nowej nieznanej formy materii, przewidział w 1924 roku Albert Einstein. Jego teoria przewidywała, że jeśli bardzo mocno schłodzi się chmurę gazu pod odpowiednio niskim ciśnieniem, to podzieli się ona na dwie

frakcje: standardową, w której cząstki poruszają się chaotycznie w różnych kierunkach ze średnią prędkością zależną od temperatury, oraz na kondensat Bosego-Einsteina, utworzony z cząstek, które będą lewitować praktycznie nieruchomo.

***

Kontakt dla mediów:
Natalia Osica
691145300
n.osica@sciencepr.pl