

Kwantowa kontrola zderzeń nie tylko w ultraniskich temperaturach

2025-03-10



Na zdjęciu od lewej badacze z Wydziału Fizyki UW: Dr Matthew Frye, Prof Michał Tomza, Maks Walewski, Photo: Mirosław Kaźmierczak/UW

W ultraniskich temperaturach zderzenia międzyatomowe są proste, a ich wynik można kontrolować przy użyciu pola magnetycznego. Badania Maksa Walewskiego, dr. Matthew Frye'a i prof. Michała Tomzy z Wydziału Fizyki UW pokazują jednak, że jest to możliwe również w temperaturach wyższych, niż dotychczas sądzono. Swoje obserwacje naukowcy opublikowali w czasopiśmie naukowym „Science Advances”.

W temperaturach ultraniskich, blisko zera bezwzględnego, zderzenia międzyatomowe mają prosty przebieg, a człowiek może kontrolować i zmieniać ich skutki. Gdy temperatura rośnie, wzrasta też energia kinetyczna, co radykalnie komplikuje mechanizm zderzeń. Wpływ na przebieg kolizji staje się wówczas trudniejszy. Tak przynajmniej dotychczas sądzono.

Zapanować nad kwantami

Grupa badawcza prof. Michała Tomzy z Wydziału Fizyki UW we współpracy z grupą doświadczalną prof. Roeego Ozeriego z Instytutu Naukowego Weizmanna badała zderzenia atomów rubidu z kationami strontu w temperaturach wyraźnie wykraczających poza warunki ultrazimne.

Do wpływania na zmiany zderzeń naukowcy stosują odpowiednio dobrane pole magnetyczne, wykorzystując zjawisko zwane rezonansami Feshbacha.

– W wykorzystaniu tego narzędzia w zderzeniach atomów z jonami przeszkadza jednak złożone

oddziaływanie, jakie występuje między jonem a pułapką wykorzystywaną do jego uwięzienia w zaplanowanym przez badaczy miejscu. Oddziaływanie to może rozpedzić zderzającą się parę już w trakcie kolizji i uniemożliwić jej schłodzenie – mówi Maks Walewski z Wydziału Fizyki UW, pierwszy autor artykułu.

Niespodziewany porządek

Wyższą energię cząstek można rozłożyć na wiele różnych sposobów, przez co mechanizm zderzenia staje się skomplikowany, a kontrola nad jego wynikiem trudniejsza. Naukowcy z Uniwersytetu Warszawskiego odkryli jednak, że w zderzeniach pomiędzy atomami rubidu i kationami strontu istnieje zaskakujący porządek, który pozwala na kontrolowanie ich wyniku także w wyższych temperaturach.

Obliczenia naukowców zostały przeprowadzone na podstawie zachowań rubidu i strontu, ponieważ te pierwiastki są wykorzystywane do badań przez grupę badaczy z Instytutu Naukowego Weizmanna. Podobny porządek może jednak istnieć również w innych kombinacjach pierwiastków.

– Początkowo chcieliśmy tylko odtworzyć teoretycznie wyniki doświadczalne przy użyciu naszego modelu i zweryfikować stojące za nim założenia. Szybko jednak przekonaliśmy się, że nasze wyniki nie tylko zgadzają się z doświadczeniem, ale też wskazują na możliwość kontrolowania zderzeń w zaskakująco ciepłym środowisku – mówi dr Matthew D. Frye, współodpowiedzialny za badania teoretyczne.

Do weryfikacji doniesień potrzebne są jeszcze badania eksperymentalne, tak samo jak były niezbędne na wcześniejszych etapach badań. Obliczenia naukowców z Uniwersytetu Warszawskiego to kontynuacja przełomowych badań grupy doświadczalnej z Instytutu Naukowego Weizmanna, którzy w zbudowanym przez siebie układzie zbadali pojedyncze zderzenia między atomami rubidu a kationami strontu.

Odkrycie w praktyce

– Możliwość osiągnięcia kontroli kwantowej przy wyższych, pozornie klasycznych, temperaturach może znacząco uprościć przyszłe realizacje eksperymentalne oraz sugeruje, iż podobne zjawiska mogą także występować w innych układach. Co więcej, odkrycie to może rzucić światło na fundamentalne pytania dotyczące granicy między światem kwantowym a klasycznym oraz znaczenia efektów kwantowych w pozornie klasycznych warunkach – mówi prof. Michał Tomza.

Z efektów badań zespołu fizyków z UW potencjalnie będą mogli skorzystać nie tylko inni naukowcy, ale też sektor najnowocześniejszych technologii.

– Odkrycie może mieć znaczenie dla rozwoju technologii kwantowych, w których kontrolowane oddziaływania między atomami i jonami odgrywają kluczową rolę. Najbardziej zaawansowane obecnie komputery kwantowe wymagają schłodzenia atomów lub jonów do ultraniskich temperatur, dlatego każde podejście pozwalające na kontrolę kwantową w wyższych temperaturach może pomóc w opracowaniu bardziej wydajnych urządzeń kwantowych. – mówi prof. Tomza.

Międzynarodowy zespół naukowców prowadził badania wspierane przez Unię Europejską (ERC, QuantMol, 101042989), Narodowe Centrum Nauki (grant nr 2020/38/E/ST2/00564), Polskiej Infrastruktury Komputerów Dużej Mocy PLGrid (Centra HPC: ACK Cyfronet AGH; grant obliczeniowy nr PLG/2023/016115) oraz Izraelską Fundację Nauki (grant nr 1385/19).

Obserwatorium Astronomiczne. Obecnie w skład Wydziału Fizyki UW wchodzi Instytuty: Fizyki Doświadczalnej, Fizyki Teoretycznej, Geofizyki, Katedra Metod Matematycznych Fizyki oraz Obserwatorium Astronomiczne. Badania pokrywają niemal wszystkie dziedziny współczesnej fizyki, w skalach od kwantowej do kosmologicznej. Kadra naukowo-dydaktyczna Wydziału składa się z ponad 250 nauczycieli akademickich. Na Wydziale Fizyki UW studiuje ponad 1100 studentów i ok. 170 doktorantów. Uniwersytet Warszawski w rankingu szanghajskim dla poszczególnych dziedzin (Shanghai's Global Ranking of Academic Subjects) znajduje się wśród 300 najlepszych na świecie jednostek, kształcących w dziedzinie fizyki.

PUBLIKACJA NAUKOWA:

M. Z. Walewski, M. D. Frye, O. Katz, M. Pinkas, R. Ozeri, M. Tomza, Quantum control of ion-atom collisions beyond the ultracold regime, „Science Advances” 11, eadr8256, 2025, DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.adr8256>

KONTAKT:

Prof. dr hab. Michał Tomza
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
michal.tomza@fuw.edu.pl
tel. 22 55 32 972

Maks Walewski
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
maks.walewski@fuw.edu.pl
tel. 22 55 32 957

Dr Matthew Frye
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
matthew.frye@fuw.edu.pl
tel. 22 55 32 715

POWIĄZANE STRONY WWW:

<https://www.fuw.edu.pl>
Strona Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

<http://quantmol.uw.edu.pl>
Strona grupy badawczej Kwantowych Układów Molekularnych

<https://www.fuw.edu.pl/informacje-prasowe.html>
Serwis prasowy Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

MATERIAŁY GRAFICZNE:

FUW250310b_fot01.jpg

https://www.fuw.edu.pl/tl_files/press/images/2025/FUW250310b_fot01.jpg

Na zdjęciu od lewej badacz z Wydziału Fizyki UW: Maks Walewski, prof. Michał Tomza, dr Matthew Frye. Fot. Mirosław Kaźmierczak/UW



[FUW250310a - Kontrolowanie zderzeń międzyatomowych.pdf \(191.4 kB\)](#)

