



Precyzyjny pomiar oddziaływań przy pomocy wieloatomowych stanów ściśniętych

dr hab. Jan Chwedeńczuk, prof. UW

QUANTERA Call 2021

(2022-04-01 - 2025-03-31)

Kamień rzucony na powierzchnię wody jest źródłem kołowej, rozchodzącej się na zewnątrz fali. Kolejny kamień to już dwie fale, które gdy się spotkają, dają skomplikowany wzór prążków interferencyjnych. Patrząc na to, jak te prążki się tworzą i poruszają, można wysnuć pewne wnioski o rozmiarze kamieni, o tym, kiedy zostały rzucone, albo o tym, czy fale, zanim się nałożyły, napotkały na jakies zaburzenia. Opisana powyżej metoda wnioskowania na temat własności obiektów na podstawie związanych z nimi wzorów interferencyjnych nosi nazwę interferometrii. Tradycyjne interferometry wykorzystywały impulsy świetlne, a nie fale na wodzie, a stosuje się je w metrologii od XIX wieku. Para nowoczesnych interferometrów, znanych jako LIGO, w ostatnim czasie wykryła niezwykle subtelny sygnał — fale grawitacyjna przechodząca przez naszą planetę. Dualizm korpuskularno-falowy, jeden z fundamentów mechaniki kwantowej, mówi, że neutrony, atomy czy cząsteczki też mogą interferować, tak jak impulsy świetlne. Można zatem zbudować interferometr fal materii, który w swoim działaniu wykorzystuje pojedyncze masywne cząstki. Doskonały przykład to zegar atomowy, który dając precyzyjne informacje o częstotliwości oscylacji elektronów w atomach, pozwala na ustalenie standardu częstotliwości, co z kolei definiuje jednostkę czasu (na przykład sekunde).

Ponizsze przedsięwzięcie, nazwane SQUEIS od angielskiego Squeezing-Enhanced Inertial Sensing, będzie wykonywane w konsorcjum siedmiu partnerów (trzy grupy zajmujące się fizyką teoretyczną i cztery doświadczalną) z Francji, Niemiec, Włoch i Polski. Głównym celem SQUEIS jest zaprzęgnięcie najnowocześniejszych technologii kwantowych do stworzenia interferometru atomowego, który pozwoli na niezwykle dokładny pomiar wielu wielkości, takich jak gradienty pola magnetycznego, oddziaływania elektromagnetyczne na małych odległościach czy przyspieszenie pola grawitacyjnego. Zbadamy i zastosujemy w laboratoriach nowe metody tworzenia wielocząstkowych stanów, w których atomy są bardzo silnie skorelowane. Ten rodzaj korelacji, czyli splątanie, w dziedzinie interferometrii kwantowej określamy jako sciskanie spinu (ang. spin-squeezing). Wieloatomowe stany spinowo scisnięte, użyte w interferometrach fal materii, pozwalają na uzyskanie precyzji pomiaru przekraczającej wszelkie ograniczenia wyznaczone przez fizykę klasyczną. Użyjemy stanów scisniętych w interferometrach swobodnego spadku i takich, gdzie atomy są umieszczone w zewnętrznej "pułapce". W tym celu opracujemy nowe metody tworzenia stanów scisniętych, bazujące na oddziaływaniu między atomami oraz między atomami i światłem. Stany scisnięte będą tworzone w gazach atomów rubidu, potasu i strontu. Udoskonalimy proces tworzenia stanów scisniętych i wykorzystamy technologie kwantowe do pierwszych "wspomaganych kwantowo" pomiarów przyspieszenia, pola grawitacyjnego czy innych sił przy pomocy interferometrów fal materii.