

Tytuł:

Nowe optyczne technologie bazujące na kriogenicznym wodorze do kwantowych pomiarów temperatury i ciśnienia.

Cząsteczkowy wodór (H_2) jest najprostszą cząsteczką w naturze, składa się tylko z dwóch protonów i dwóch elektronów, a zatem jego strukturę można obliczyć niezwykle dokładnie z podstawowych zasad teorii kwantowej. To sprawia, że cząsteczka H_2 jest bardzo atrakcyjnym obiektem zarówno do badań podstawowych jak i stosowanych. Na przykład jest ona używana jako swoisty kwantowy detektor efektów modelu standardowego, które wykraczają poza mechanikę kwantową opisywaną zwykłym równaniem Schrödingera, pozwalając wyraźnie zobaczyć obecność wirtualnych fotonów i innych subtelnych efektów elektrodynamiki kwantowej. Ponadto, takie dokładne pomiary otwierają również drogę do wykorzystania H_2 do poszukiwania nowej fizyki wykraczającej poza model standardowy, takiej jak dalekozasięgowe oddziaływania między hadronami. W tym projekcie skorzystamy z unikalnych własności cząsteczki H_2 , aby rozwiązać inny ważny problem, jakim jest budowa wzorców niektórych jednostek SI w reżimie głębokich temperatur kriogenicznych (od 5 K). Niedawna redefinicja układu jednostek SI całkowicie zmieniła podstawy metrologii (tj. podstawy metodologii pomiaru w fizyce i innych naukach przyrodniczych). Zamiast używać artefaktów wyznaczających wzorce jednostek SI, takich jak Międzynarodowy Prototyp Kilograma w postaci walca platynowo irydowego, nowa definicja opiera się tylko na: cezowym zegarze atomowego, stałych fizycznych (obecnie zafiksowanych do dokładnych wartości) oraz podstawowych prawach fizyki. Z jednej strony w ten sposób spełniło się długo oczekiwane marzenie o oparciu jednostek pomiarowych na podstawowych prawach fizyki, sprawiając, że układ SI jest w pełni otwarty i wolny od artefaktów stworzonych przez człowieka. Z drugiej strony jednak stanowi to ogromne wyzwanie dla eksperymentalnej realizacji nowo zdefiniowanych jednostek.

W tym projekcie podejmiemy to wyzwanie dla przypadku jednostek temperatury i ciśnienia w trudno dostępnym reżimie temperatur kriogenicznych. Aby to osiągnąć, połączymy niedawno opracowaną w naszym laboratorium kriogeniczną wnękę optyczną o wysokiej finezji (obecnie jest to jedyny taki system na świecie) z najnowocześniejszymi technologiami optycznymi ukierunkowanymi na ultradokładną spektroskopię molekularną (metody te opierają się na wnękach optycznych o wysokiej finezji, które w warunkach laboratoryjnych wydłużają drogę oddziaływania fotonu z cząsteczką do dziesiątek kilometrów). Umożliwi nam to przeprowadzenie ultradokładnej spektroskopii cząsteczek wodoru w temperaturach od 5 do 20 K i po raz pierwszy wykorzystamy ten ogromny potencjał metrologiczny do realizacji jednostek SI. Z poszerzenia termicznego przejść H_2 wyznaczymy jednostkę kelwina, a łącząc ją ze zmierzonym natężeniem przejścia, wyznaczymy jednostkę paskala. W ten sposób wprowadzimy metrologię optyczną do dziedzin typowo należących do innych gałęzi nauki, takich jak fizyka ciała stałego czy metody akustyczne.