

Poszukiwanie cząstek aksjonopodobnych za pomocą czujników kwantowych

W poszukiwaniu niewidzialnego: jak czujniki kwantowe mogą pomóc odkryć ciemną materię

Jednym z największych wyzwań współczesnej fizyki jest zrozumienie natury **ciemnej materii**, która nie emituje światła, nie oddziałuje z materią w sposób, który możemy bezpośrednio zaobserwować, a mimo to **stanowi aż 85% całej materii we Wszechświecie**. O jej istnieniu wiemy głównie dzięki efektom grawitacyjnym, jakie wywiera na galaktyki i gromady galaktyk. Wciąż jednak **nie wiemy, z czego jest zbudowana**.

Wśród najbardziej obiecujących kandydatów na ciemną materię znajdują się tzw. ultralekkie cząstki, np. **cząstki aksjonopodobne** (ang. axion-like particles - ALPs). Jeśli istnieją, **mogłyby tworzyć niemal jednorodne, oscylujące pola** niewidzialne dla naszych oczu, ale być może wyczuwalne przez odpowiednio czułe instrumenty.

Celem tego projektu jest wykorzystanie **bardzo czułych czujników kwantowych**, a mianowicie **magnetometrów atomowych** do **poszukiwania takich cząstek**. Magnetometry tego typu potrafią wykrywać niezwykle małe zmiany w polu magnetycznym poprzez obserwację zachowania atomów. Gdy atomy znajdują się w takim polu, ich **spiny** (czyli kwantowe właściwości związane z magnetyzmem) **mogą reagować nawet na bardzo słabe, egzotyczne oddziaływania, w tym potencjalne sygnały pochodzące od ciemnej materii**.

Projekt składa się z dwóch części. Po pierwsze, planujemy przeanalizować dane z międzynarodowego projektu **GNOME (Global Network of Optical Magnetometers for Exotic physics)**, który wykorzystuje **zsynchronizowane magnetometry rozmieszczone na całym świecie**, by wykrywać **globalne, skorelowane sygnały mogące świadczyć o obecności ciemnej materii**. Interesować nas będą szczególnie interakcje, w których cząstki aksjonopodobne, które oddziałują ze spinami za pośrednictwem natężenia swojego pola, które zmienia się w czasie i przestrzeni. Do identyfikacji takich sygnałów wykorzystujemy metodę inspirowaną **interferometrią natężeniową**, czyli techniką znaną z astronomii.

Po drugie, rozwijamy nowatorski rodzaj magnetometru zwany komagnetometrem z wirującym układem odniesienia (ang. Rotating-Wave - RoW). Jego unikalna cecha to **możliwość dostrajania czułości sensora do konkretnych częstotliwości**, na których spodziewamy się sygnałów od cząstek aksjonopodobnych. W przeciwieństwie do klasycznych układów, które najlepiej działają dla powolnych zmian, komagnetometer ten pozwoli wykrywać szybciej oscylujące sygnały, zachowując jednocześnie zdolność tłumienia zakłóceń magnetycznych.

Połączenie analizy danych z globalnej sieci GNOME i rozwoju nowej technologii detekcji pozwoli nam **poszerzyć wiedzę na temat ciemnej materii**. Nawet jeśli nie znajdziemy jednoznacznych śladów tych cząstek, dowiemy się czegoś nowego na temat ich własności i pomożemy skierować przyszłe poszukiwania na właściwe tory. Co więcej, opracowane metody znajdą **zastosowanie także poza fizyką ciemnej materii, np. w testach fundamentalnych symetrii i w rozwoju precyzyjnych technologii kwantowych**.