

Streszczenie

Aksjony lub cząstki aksjonopodobne (ang. axion-like particles, ALPs) są intrygującymi hipotetycznymi bytami stanowiącymi potencjalne rozwiązanie pewnych problemów w fizyce, m.in. zbyt słabego łamania symetrii CP (ang. strong CP problem) i natury ciemnej materii. Niniejsza praca przedstawia projekt demonstrujący nowatorską metodę poszukiwania aksjonów i ALPs przy użyciu pierścienia akumulacyjnego, przy założeniu, że lokalne pole ciemnej materii, pochodzące głównie od ALPs, oddziałuje ze spinem nukleonów poprzez indukowanie oscylującego elektrycznego momentu dipolowego lub efekt tzw. wiatru aksjonowego.

Pierwszy eksperyment demonstrujący metodę został przeprowadzony przy użyciu synchrotronu Cooler Synchrotron COSY w Jülich w Niemczech przy wykorzystaniu wiązki deuteronów spolaryzowanej w płaszczyźnie pierścienia, o pędach bliskich $970 \text{ MeV}/c$. Oczekiwano, że przy rezonansie między częstotliwością precesji spinowej, która jest związana z pędem wiązki, a częstotliwością ALPs związaną z ich masą, polaryzacja wiązki będzie zyskiwać składową w kierunku prostopadłym do płaszczyzny pierścienia. Ponieważ częstotliwość aksjonów nie jest znana, eksperyment polegał na skanowaniu przestrzeni częstotliwości w poszukiwaniu wspomnianego rezonansu. Proces skanowania wiązał się ze zwiększaniem pędu wiązki, a w konsekwencji częstotliwości precesji spinu, i poszukiwaniem zmiany składowej pionowej wektora polaryzacji, która jest oczekiwana jako sygnał przejścia rezonansowego. Aby uwzględnić nieznaną fazę między precesją polaryzacji a polem ALPs, zastosowano cztery wiązki o wzajemnie ortogonalnych kierunkach polaryzacji. Przeprowadzono skanowanie częstotliwości w przedziale o szerokości $1,5 \text{ kHz}$ wyśrodkowanym wokół częstotliwości precesji spinu wynoszącej 121 kHz , któremu towarzyszył test metodologiczny z użyciem filtru Wiena o częstotliwości radiowej.

Chociaż nie zaobserwowano sygnałów rezonansowych z ALPs w zakresie czułości eksperymentalnej, wyznaczono pierwsze górne ograniczenie na oscylujący elektryczny moment dipolowy deuteronów $|d_{AC}^d| < 6.4 \times 10^{-23} e \text{ cm}$ na poziomie ufności 90%. Dodatkowo podano również górne ograniczenie na stałe sprzężenia ALPs z deuteronami w zakresie mas ALPs $4.95 \text{ neV } c^{-2} - 5.02 \text{ neV } c^{-2}$.