

Poszukiwanie oscylacji neutronów do neutronów zwierciadlanych

Jedno z czterech oddziaływań fundamentalnych we Wszechświecie, tzw. oddziaływanie słabe, które między innymi odpowiada za specyficzną klasę jądrowych rozpadów radioaktywnych, tzw. rozpadów beta, wykazuje niezwykłą właściwość. Inaczej niż pozostałe oddziaływania łamie w sposób maksymalny symetrię parzystości, czyli względem odbić lustrzanych. Prowadzi to do selektywnego wyboru skrętności cząstek elementarnych: zwykła materia jest lewoskrętna, a antymateria prawoskrętna. Zjawisko jest na tyle szokujące, że już jego odkrywcy, T. Lee i C. Yang (1956) przypuszczali, że tak naprawdę symetria parzystości jest zachowana, a tylko przez pewien zbieg okoliczności trudno się o tym przekonać. Założyli, że Wszechświat można podzielić na dwie części: tę zwykłą, którą obserwujemy, oraz drugą, zwierciadlaną. Zwierciadlanej materii nie widzimy w normalnych warunkach, ponieważ komunikuje się ona ze zwykłą wyłącznie poprzez siły grawitacyjne, które na poziomie mikroświata są bardzo słabe. Jednakże obydwie światy, zwykły i zwierciadlany, współdzielą tę samą czasoprzestrzeń. Kontynuatorzy tej idei założyli dodatkowo, że w komunikacji pomiędzy światami zwykłym i zwierciadlanym może pośredniczyć jeszcze dodatkowe, nieznanne i równie słabe co grawitacja oddziaływanie.

Weryfikacja empiryczna tej fascynującej hipotezy, czyli poszukiwanie oznak materii zwierciadlanej, jest jak dotąd nieskuteczna, ale eksperymenty trwają. Wykazano bowiem, że istnienie materii zwierciadlanej mogłoby rozwiązać inne, równie niepokojące, co łamanie parzystości, deficyty naszej wiedzy o Wszechświecie. Jednym z nich jest problem tzw. ciemnej materii, której istnienie jest mocno uzasadnione kosmologicznie, ale eksperymenty w laboratoriach ziemskich ciemnej materii nie znajdują. Materia zwierciadlana jest atrakcyjnym kandydatem na ciemną materię.

Z założenia materia zwierciadlana jest bardzo podobna do zwykłej, tzn. każda zwykła cząstka elementarna ma swój odpowiednik zwierciadlany, o identycznych charakterystykach, jak masa, wewnętrzny moment pędu itp. Jeśli np. cząstka elementarna posiada moment magnetyczny (czyli jest elementarnym magnesem), to jej zwierciadlany odpowiednik też posiada moment magnetyczny. Duże skupiska zwierciadlanej materii magnetycznej wytwarzają wokół siebie (zwierciadlane) pola magnetyczne, tak jak Ziemia otoczona jest zwykłym polem magnetycznym. Ziemia posiada też pokaźną masę, która przyciąga grawitacyjnie. W trakcie długiej ewolucji mogła więc zgromadzić w swojej objętości dużo materii zwierciadlanej. Być może jest to zwierciadlane ciało niebieskie, otoczone swoim zwierciadlanym polem magnetycznym.

W eksperymentach poszukujących cząstek zwierciadlanych wykorzystuje się kwantowe zjawisko oscylacji, dobrze znane chociażby ze świata neutrin. W określonych warunkach (potrzebne są zbliżone wartości pól magnetycznych, zwykłego i zwierciadlanego) cząstka elementarna cyklicznie zmienia swoją tożsamość, przechodząc ze świata zwykłego do zwierciadlanego i z powrotem. Eksperyment, o którym mowa, obserwuje bardzo wolne neutrony, tzw. neutrony ultra-zimne (UCN), zamknięte w zbiorniku próżniowym i odbijające się od jego ścian z bardzo małymi i dokładnie kontrolowanymi stratami przy kolejnych odbiciach. Neutrony się poruszają, więc nie ma gwarancji, że po powrocie ze świata zwierciadlanego neutron znajdzie się z powrotem w objętości kontrolowanego zbiornika. Oscylacje neutron – neutron zwierciadlany ($n-n'$) prowadzą zatem do dodatkowych strat neutronów w zbiorniku, których by nie było przy braku oscylacji. Nie znamy wartości hipotetycznego zwierciadlanego pola magnetycznego w obszarze naszego zbiornika neutronów, więc zamierzamy przeszukać zakres, w którym inne eksperymenty i analizy teoretyczne zgłaszały niepokojące anomalie. Celem jest bądź jednoznaczne znalezienie sygnału oscylacji $n-n'$, bądź wykluczenie ich w badanym zakresie.

Eksperyment będzie przeprowadzony w Instytucie Paula Scherrera w Villigen, w Szwajcarii, gdzie pracuje najsilniejsze obecnie na świecie źródło ultra-zimnych neutronów. Fizycy z Uniwersytetu Jagiellońskiego są współautorami tego projektu, jak również ostatniego spektakularnego wyniku, otrzymanego w tamtejszym laboratorium: najściślejszego ograniczenia na wartość pewnej, fundamentalnej dla fizyki cząstek elementarnych wielkości: elektrycznego momentu dipolowego neutronu.