

Obok fotonów neutrino są najbardziej rozpowszechnionymi cząstkami we Wszechświecie. Ze względu na niezwykle słabe oddziaływanie z materią często określa się je mianem „cząstek- duchów”. Znikoma masa neutrino ma też bardzo ważne konsekwencje dla struktury Wszechświata oraz wybuchów Supernowych. Jednakże najważniejszą i najbardziej zadziwiającą tezę na ich temat wysunął w latach trzydziestych ubiegłego wieku włoski fizyk Ettore Majorana, który twierdził, że w przeciwieństwie do wszystkich innych cząstek elementarnych, neutrino może być swoją własną antycząstką.

Celem eksperymentu GERDA (GERmanium Detector Array) prowadzonego w podziemnym laboratorium w Gran Sasso (Włochy) jest określenie natury neutrino (cząstka Diraca czy Majorany) oraz wyznaczenie jego masy. GERDA poszukuje tak zwanego podwójnego rozpadu beta izotopu  $^{76}\text{Ge}$  zachodzącego z emisją i bez emisji neutrino. W tym drugim przypadku neutrino musiałoby być cząstką Majorany. W klasycznym rozpadzie beta neutron znajdujący się w jądrze atomowym rozpada się na proton, któremu towarzyszy elektron i antyneutrino elektronowe. Rozpad beta jądra  $^{76}\text{Ge}$  nie może zajść ze względu na zasadę zachowania energii. Jednak równoczesna konwersja dwóch neutronów jest możliwa i proces taki został zarejestrowany w detektorze GERDA. Jest to jeden z najrzadszych rozpadów, jaki kiedykolwiek zaobserwowano. Pomiary wykonano z bardzo dużą precyzją, wyznaczając czas połowicznego zaniku  $^{76}\text{Ge}$  ze względu na rozpad z emisją dwóch neutrino, na poziomie  $2 \cdot 10^{21}$  lat. Jest to okres czasu ponad 100 miliardów razy dłuższy od wieku Wszechświata. Jeżeli neutrino byłoby cząstką Majorany, powinien zachodzić także podwójny rozpad bezneutrinowy, lecz z jeszcze mniejszym prawdopodobieństwem. Jest on możliwy tylko wtedy, gdy neutrino i antyneutrino są cząstkami identycznymi. Poszukiwanie igły w stogu siana jest dziecinną zabawą w porównaniu z detekcją podwójnego rozpadu beta, głównie ze względu na wszechobecną naturalną promieniotwórczość - rozpady naturalnych radioizotopów są ponad miliard razy częstsze, dlatego też detektory zastosowane w projekcie GERDA wraz z otaczającymi je materiałami zostały bardzo starannie wyselekcjonowane. Rejestracja niezwykle rzadkich procesów wymaga ponadto zastosowania wyrafinowanych technik analizy danych, które pozwalają na wyeliminowanie zaburzających pomiar sygnałów pochodzących np. od promieniowania kosmicznego czy też powstających w trakcie przeprowadzania eksperymentu. W wyniku analizy uzyskanych danych stwierdzono brak sygnału będącego wynikiem podwójnego bezneutrinowego rozpadu beta izotopu  $^{76}\text{Ge}$ , co umożliwiło obliczenie dolnej granicy czasu połowicznego zaniku  $^{76}\text{Ge}$  w odniesieniu do tego rozpadu na poziomie  $2.1 \cdot 10^{25}$  lat. Jest to jak dotąd najwyższa uzyskana wartość.

W realizowanym aktualnie kolejnym etapie eksperymentu (faza II) masa wzbogaconego germanu została podwojona, co przy jednoczesnej redukcji promieniotwórczego tła pozwoli badać czas połowicznego zaniku  $^{76}\text{Ge}$  na poziomie  $10^{26}$  lat. Trwają także intensywne prace nad przygotowaniem projektu nowej generacji (NGe), który przy szerokiej międzynarodowej współpracy wykorzystywałby około 1 tony  $^{76}\text{Ge}$ . Czulość tego eksperymentu pozwoliłaby mierzyć czasy połowicznego zaniku  $^{76}\text{Ge}$  rzędu  $10^{27}$  lat.

Wynik uzyskany w eksperymencie GERDA dostarcza i dostarczał będzie więc niezwykle ważnych informacji na temat masy neutrino oraz ma bardzo ciekawe konsekwencje dla rozszerzeń modelu standardowego cząstek elementarnych, opisu procesów astrofizycznych i kosmologii.

Prezentowany projekt dotyczy realizacji zadań badawczych mających na celu zwiększenie czulości rejestracji podwójnego bezneutrinowego rozpadu beta, co jest głównym celem eksperymentu GERDA (w drugiej fazie jego realizacji) oraz planowanego eksperymentu nowej generacji. Możliwe to będzie dzięki opracowaniu i wdrożeniu nowatorskich technik redukcji poziomu naturalnej promieniotwórczości w detektorze.

GERDA jest projektem europejskim, zrzeszającym naukowców z 16 instytucji badawczych i uniwersytetów z Niemiec, Włoch, Rosji, Polski, Szwajcarii i Belgii. Zaangażowane w projekt jednostki to: Instytut Fizyki Jądrowej im. Maksa Plancka w Heidelbergu, Instytut Fizyki im. Maksa Plancka oraz Politechnika w Monachium, uniwersytety w Tybindze, Dreźnie, Zurychu oraz Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, INFN LNGS w Gran Sasso, INFN w Mediolanie-Biccoca, INFN w Padwie, INR, ITEP i Instytut Kurczatowa w Moskwie, JINR w Dubnej oraz IRMM w Geel.

Grupa z Uniwersytetu Jagiellońskiego jest jedyną w Polsce grupą zajmującą się doświadczalnym poszukiwaniem podwójnego bezneutrinowego rozpadu beta.