

Opis projektu popularnonaukowy

Neutrino to cząstki elementarne, które są niemal nie do powstrzymania - potrafią przenikać z prędkością bliską prędkości światła przez nasze ciała, ziemię, skały, wodę. Są obojętne elektrycznie, mają niezwykle małą masę i słabo oddziałują z materią, dlatego ich badanie jest bardzo trudne. Aby dokładnie poznać te niezwykle cząstki, potrzebne są kosztowne laboratoria i urządzenia badawcze. Istnieją trzy typy neutrino – fizycy nazywają je zapachami – elektronowe, mionowe i taonowe. Dla naukowców szczególnie interesujący jest fenomen oscylacji – zamiany jednego typu neutrino w inne podczas ich przemieszczania się w przestrzeni. Obserwacja tego zjawiska pozwala na badania nieznanymi dotąd obszarów fizyki cząstek elementarnych. Zachodzenie tego procesu zostało potwierdzone doświadczalnie w 1998 roku przez japoński eksperyment Super-Kamiokande. Mierzono w nim neutrino pochodzące z atmosfery ziemskiej obserwując ich oddziaływanie w wodzie. Od tego czasu prowadzone są intensywne badania oscylacji neutrino, które doprowadziły do dość dokładnego poznania mechanizmów transformacji neutrino. Istnieje jednak potrzeba dalszych studiów eksperymentalnych nad oscylacjami, w celu m.in. potwierdzenia istnienia zjawiska tzw. łamania symetrii ładunkowo-przestrzennej (w skrócie CP; C to symetria cząstki-antycząstki, zaś P to odbicie przestrzenne) dla neutrino. Gdyby symetria ta jest złamana, neutrino oscylowałyby inaczej niż ich antycząstki, zwane antyneutrino. Pomogłoby to w wyjaśnieniu kosmologicznej zagadki - dlaczego Wszechświat składa się z materii, a nie z antimaterii.

W badaniach neutrino najpierw w jednym laboratorium rozpędza się protony i w ich zderzeniach produkuje się neutrino. Cząstki te przelatują setki kilometrów, bo trzeba im dać czas by zdążyły przeoscylować. Następnie docierają one do ogromnych, umieszczonych głęboko pod ziemią detektorów. Szansa, że w detektorze dojdzie do oddziaływania neutrino z materią jest bardzo niewielka, dlatego detektory muszą być wielkie. Neutrino nie obserwuje się bezpośrednio. W detektorach fizycy obserwują jedynie błyski światła lub inne sygnały pochodzące od cząstek wyprodukowanych w ich zderzeniach z jądrami atomowymi, z których dopiero wyczytać można informacje o własnościach tych niezwykle cząstek.

W eksperymencie T2K w Japonii źródło neutrino znajduje się w laboratorium JPark w Tokai, zaś detektor to odległy o 295 km ogromny zbiornik z wodą w Super-Kamiokande w Alpach Japońskich. Fizycy porównują charakterystyki neutrino obserwowanych w Super-Kamiokande z tymi emitowanymi w wiązce, i na tej studiują szczegóły zjawiska oscylacji neutrino. Najważniejsza jest znajomość energii neutrino. Nie jest ona znana bezpośrednio – trzeba ją obliczyć patrząc na cząstki wytwarzane w oddziaływaniach i przyjmując różnorakie założenia teoretyczne. Celem naszego projektu jest weryfikacja tych założeń i ulepszenie metody obliczania energii neutrino przez oszacowanie jak dużo oddziaływań pochodzi od nietypowego mechanizmu reakcji „z wymianą prądu dwuciałowego”. Jest to mechanizm zaobserwowany wcześniej w oddziaływaniach elektronów. Zwykle neutrino oddziałują z pojedynczymi nukleonami z jądrami atomowych. Interesujący nas proces jest inny – oddziaływanie zachodzi na dwóch nukleonach naraz, i jest trudniejsze do opisania teoretycznego. Jego istnienie zaburza rekonstrukcję energii neutrino, wprowadzając niechciany szum w badaniach oscylacji neutrino. Dokładne poznanie tego mechanizmu powinno przyczynić się do zwiększenia precyzji naszych eksperymentów. To wpłynie na zwiększenie możliwości zdobywania dokładniejszej wiedzy o Wszechświecie i procesach w nim zachodzących.