

Neutrino oraz ich anty-bracia antyneutrino to tajemnicze, najmniejsze najlżejsze elementarne składniki materii. Biliony neutrin i antyneutrin przelatują w każdej sekundzie przez nasze ciała, nie czynią nam jednak krzywdy – ich oddziaływanie z materią jest zbyt słabe. Istnieją trzy rodzaje neutrin: neutrino elektronowe (ν_e), mionowe (ν_μ) oraz taonowe (ν_τ). Anty-bracia mają przedstawicieli w postaci antyneutrin: elektronowych ($\bar{\nu}_e$), mionowych ($\bar{\nu}_\mu$) i taonowych ($\bar{\nu}_\tau$). Te cząstki nie mają ładunku i posiadają bardzo małą masę, dlatego bardzo trudno je wykryć, niosą jednak wiele interesujących informacji zarówno o początkach Wszechświata jak i własnościach materii nas otaczającej. Wiemy, że mają masę różną od zera, bo udało się zaobserwować zmianę rodzaju (anty)neutrino oraz podczas ich propagacji na pewnej odległości, zjawisko zwane oscylacjami (anty)neutrin. Jest to efekt wychodzący poza Model Standardowy, teorię świetnie opisującą większość obserwacji w mikroświecie. Ta obserwacja została nagrodzona Nagrodą Nobla w 2015 roku dla prof. Takaaki Kajity i Arthura B. McDonalda. Obserwacje dokonane w japońskim detektorze Super-Kamiokande (pracowała tu grupa badawcza prof. T. Kajity) oraz w kanadyjskim Sudbury Neutrino Observatory (grupa badawcza prof. Arthura B. McDonalda) dowiodły, że neutrino mają masę, choć bardzo, bardzo małą. Obecnie prowadzone pomiary pozwalają na coraz lepsze wyznaczanie parametrów opisujących oscylacje neutrin, duże zespoły eksperymentalne prowadzące te badania otrzymały w 2016 roku prestiżową nagrodę Breakthrough prize.

Wciąż pozostają związane z neutrinami zagadki do wyjaśnienia. Jedną z nich jest łamanie symetrii CP, polegające na tym, że zjawisko oglądane w lustrze, w którym zamieniono cząstki na anty-cząstki nie jest identyczne z oryginałem. Różnice są maleńkie, ale sam fakt, że istnieją jest bardzo ważny dla opisu i zrozumienia oddziaływań w mikroświecie. Ich znalezienie może okazać się sposobem wyjaśnienia dotychczas tajemniczego faktu, że w naszym Wszechświecie ilość materii i antimaterii nie jest taka sama, a wszystkie makroskopowe obiekty w tym i my też zbudowani jesteśmy z materii. We wczesnej fazie istnienia Wszechświata, zaraz po Wielkim Wybuchu spodziewamy się takich samych ilości materii i antimaterii, a mechanizm zaburzenia tej równowagi jak dotąd pozostaje tajemnicą. Jest to więc pytanie o przyczynę naszego istnienia. Próba wyznaczenia parametrów opisujących łamanie CP wymaga wykonania skomplikowanego eksperymentu wykorzystującego intensywną wiązkę neutrin lub antyneutrin, bliską stacją detektorów oraz gigantycznych rozmiarów daleki detektor. Taki projekt może być realizowany tylko w wielkiej współpracy międzynarodowej. Cel badania oscylacji dla neutrin $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ oraz antyneutrin $\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_e$ a w konsekwencji możliwość poszukiwania łamania CP stawia przed sobą międzynarodowy eksperyment Tokai-2-Kamioka (T2K) w Japonii. Wiązka neutrin ν_μ oraz antyneutrin $\bar{\nu}_\mu$ produkowana jest w japońskim laboratorium J-PARC (Japan Proton Accelerator Research Complex) znajdującym się w miejscowości Tokai. Następnie wiązka ta jest kierowana do stacji bliskiej znajdującej się 280 m od punktu produkcji wiązki oraz stacji dalekiej oddalonej o 295 km, gdzie znajduje się słynny detektor Super-Kamiokande.

Poszukiwanie łamania fazy CP będzie jeszcze dokładniejsze jeśli dodamy informację z badania oscylacji neutrin atmosferycznych w detektorze Super-Kamiokande. Taka połączona analiza oscylacyjna wykorzystująca neutrino z wiązki T2K oraz neutrino atmosferyczne jest przedmiotem badań we wnioskowanym projekcie.

Głównym celem projektu jest utworzenie grupy naukowców na Wydziale Fizyki, Uniwersytetu Warszawskiego, która będzie pracowała dla jednego z najważniejszych eksperymentów neutrinowych wykorzystujących detektor Super-Kamiokande. W perspektywie kolejnych lat kluczowe będzie by taka grupa miała doświadczenie aby rozwijać swoją pracę nad nowym i dużo większym projektem wykorzystującym technikę wodnego detektora Czerenkowa, jakim jest Hyper-Kamiokande w Japonii. Czy uda nam się odpowiedzieć na jedno z fundamentalnych pytań współczesnej fizyki: Czy istnieje łamanie symetrii CP w sektorze leptonowym czy nie ?