

The Measurement and Modelling of Cosmic Ray Muons at KM3NeT Detectors

Piotr Kalaczyński

Streszczenie

Miony atmosferyczne to najczęściej obserwowana forma promieniowania kosmicznego. Pomimo tego, istnienie komponentu strumienia mionów powstającego w rozpadach krótko żyjących cząstek-rodziców, nazywanego natychmiastowym strumieniem mionów, wciąż pozostaje niepotwierdzone eksperymentalnie. Oczekuje się, że ten wkład do strumienia mionów powinien dominować przy wysokich energiach, około PeV, jako że wiele z cząstek-rodziców natychmiastowych mionów to ciężkie hadrony, zawierające kwarki powabne i dziwne. Cel tej dysertacji był dwojaki: oszacowanie możliwości obserwacji natychmiastowego strumienia mionów oraz weryfikacja wydajności detektorów KM3NeT'u.

Eksperyment KM3NeT jest siecią badawczą, składającą się z podwodnych czerenkowskich teleskopów neutrinowych, obecnie w fazie konstrukcji w dwóch różnych lokalizacjach w Morzu Śródziemnym. ARCA to detektor dedykowany astronomii neutrinowej wysokich energii, zlokalizowany niedaleko włoskiego wybrzeża przy Portopalo di Capo Passero. Drugi detektor to ORCA: skupia się on na fizyce niskoenergetycznych neutrin atmosferycznych i powstaje w pobliżu Tuluzy, we Francji. Nawet w ich pośrednich konfiguracjach, każdy z detektorów KM3NeT zbiera ogromne ilości danych mionowych. Ta praca korzysta z danych mionowych, aby przyjrzeć się obecnej efektywności KM3NeT/ARCA i KM3NeT/ORCA, oraz aby ocenić ich przyszły potencjał.

Aby ocenić wydajność detektorów KM3NeT, została wygenerowana rozległa symulacja Monte Carlo (MC) dla przypadków mionowych, przy użyciu programu CORSIKA oraz łańcucha oprogramowania symulacyjnego KM3NeT. Było to możliwe dzięki wprowadzeniu znacznych usprawnień w publicznie dostępnej aplikacji KM3NeT-u, transportującej wysymulowane cząstki do detektora.

Symulacja MC została użyta w rekonstrukcji kilku zmiennych: energii pędu mionów, całkowitej energii cząstki pierwotnej oraz krotności mionów. Wartości energii i krotności zostały estymowane przy użyciu narzędzi uczenia maszynowego. Rekonstrukcja energii pędu okazała się znacząco lepsza od standardowej rekonstrukcji energii używanej przez KM3NeT. Uzyskanie rekonstrukcji energii cząstki pierwotnej oraz krotności mionów umożliwiły ponadto pierwsze pomiary takich obserwabli przez podwodny teleskop neutrinowy.

Przygotowana rekonstrukcja została bezpośrednio zastosowana w głównej analizie fizycznej, badającej potencjał KM3NeT'u do obserwacji natychmiastowego strumienia mionów. Ukończone detektory KM3NeT powinny być w stanie potwierdzić sygnał od natychmiastowego strumienia w przeciągu 4-6 lat działania. Być może nawet wcześniej, jeżeli wyniki ich pomiarów zostaną połączone. Czułość jest obecnie mocno ograniczona przez niepewności systematyczne, z których część powinna zostać zredukowana do czasu ukończenia detektorów ARCA i ORCA.