

Streszczenie

Głównym zadaniem niniejszej pracy było opracowanie metod cyfrowej analizy kształtu impulsu z wykorzystaniem sieci neuronowych do identyfikacji cząstek i redukcji tła, niezbędnych do analizy danych eksperymentalnych dostarczanych przez system detekcyjny KRATTA. Detektor KRATTA został zastosowany w eksperymencie ASY-EOS przeprowadzonym w ośrodku badawczym GSI w 2011 roku. Eksperyment ten miał na celu uzyskanie informacji o energii symetrii w równaniu stanu materii jądrowej (NEOS) przy dużych gęstościach, mającej kluczowe znaczenie dla zrozumienia wielu aspektów fizyki jądrowej i astrofizyki. Kolektywne pływy neutronów i lekkich cząstek naładowanych, mierzone w eksperymencie przez detektor LAND, stanowią obserwabla pozwalające wnioskować o wartościach energii symetrii. Pomiar przeprowadzono dla reakcji $^{197}\text{Au}+^{197}\text{Au}$, $^{96}\text{Ru}+^{96}\text{Ru}$, and $^{96}\text{Zr}+^{96}\text{Zr}$ przy energiach wiązki 400 MeV/nukleon. Zadaniem detektora KRATTA był pomiar lekkich cząstek naładowanych z precyzją znacznie większą od tej, jaką można uzyskać w pomiarach detektorem LAND.

System detektorowy KRATTA składa się z potrójnych teleskopów półprzewodnikowo-scyntylacyjnych zbudowanych z fotodiod o dużej powierzchni aktywnej i kryształów CsI(Tl). Zastosowana została innowacyjna technika detekcyjna, w której fotodioda pełni rolę przelotowego detektora krzemowego i jednocześnie rejestruje światło ze scyntylatora. Sygnały generowane przez fotodiody były rejestrowane w formie cyfrowej z przeznaczeniem do dalszej analizy. Wprowadzona zaawansowana technika detekcyjna wymagała opracowania odpowiednich metod analizy danych, co zostało wykonane w ramach niniejszej pracy. Szczególnie istotnym zagadnieniem było rozpoznawanie sygnałów tła pochodzących od wtórnych reakcji w materiale detektora. W tym celu opracowana została efektywna metoda bazująca na samoorganizującej sieci neuronowej, charakteryzująca się dużą szybkością obliczeń oraz możliwością bezpośredniego analizowania zarejestrowanych sygnałów.

Opracowane procedury analizy danych pozwoliły otrzymać pierwsze wyniki pomiarowe dla reakcji $^{197}\text{Au}+^{197}\text{Au}$. Wyznaczone parametry pływu kierunkowego i eliptycznego dla cząstek naładowanych wykazują dobrą zgodność z wcześniejszymi rezultatami otrzymanymi z eksperymentu FOPI, potwierdzając wniosek o miękkiej charakterystyce równania stanu symetrycznej materii jądrowej. Otrzymane precyzyjne dane eksperymentalne mogą zostać wykorzystane do weryfikacji przewidywań modeli teoretycznych niezbędnych do interpretacji danych i uzyskania informacji o energii symetrii. Przeprowadzone wstępne porównania z wynikami obliczeń wykonanych przy użyciu modelu UrQMD pokazały znaczne rozbieżności dla stosunków izotopowych, wskazując na konieczność dalszego rozwoju modelu, a w szczególności metody identyfikacji klastrów.

Dane pomiarowe dla reakcji $^{197}\text{Au}+^{197}\text{Au}$ otrzymane przy pomocy detektora LAND pozwoliły określić pływ eliptyczny neutronów w relacji do pływu eliptycznego cząstek naładowanych. Na podstawie porównań z przewidywaniami modelu UrQMD wyznaczone zostało nowe ograniczenie na zależność części potencjalnej energii symetrii od gęstości, scharakteryzowane zależnością potęgową z wykładnikiem około 0.75.