

Nr projektu: 2024/53/B/ST9/02671

Tytuł: Poszukiwanie błysków gamma z obserwatorium HAWC

Opis projektu:

Błyski gamma to jedne z najbardziej energetycznych zdarzeń we Wszechświecie. W szczycie blasku przyćmiewają one wszystkie inne obiekty astrofizyczne. Niektóre z najbardziej intrygujących zagadnień w astronomii, takie jak budowa i formowanie się relatywistycznych dżetów, fizyka gęstej materii i przyspieszanie cząstek do niewiarygodnych wysokich energii, miliardy razy większych od tych uzyskiwanych w akceleratorach cząstek na ziemi, można badać, studiując fizykę źródeł przejściowych we Wszechświecie.

Astronomia w domenie czasowej, dziedzina astronomii zajmująca się źródłami przejściowymi, uzyskała ostatnio niezwykle impuls dzięki bezprecedensowej jakości, a zwłaszcza różnorodności, danych gromadzonych i udostępnianych astronomom. Jesteśmy świadkami narodzin ery astronomii wielu nośników informacji. W ramach tego podejścia, jednoczesne lub niemal jednoczesne obserwacje różnych nośników z tego samego źródła, a mianowicie fotonów różnych zakresów wid- ma elektromagnetycznego, promieni kosmicznych, neutrin i fal grawitacyjnych, są gromadzone i analizowane. To podejście doprowadziło do jednych z najważniejszych przełomów w historii astronomii w domenie czasowej, takich jak odkrycie przez Ligo fal grawitacyjnych z odpowiednika błysku gamma zachodzącego wskutek połączenia się gwiazd neutronowych. Promieniowanie gamma w zakresie bliskim TeV ($= 10^{12}\text{eV}$) to pasmo o najwyższej energii w widmie fal elektromagnetycznych, które jest wykrywalne z pozagalaktycznych źródeł przejściowych. Niesie ono unikalne informacje o mechanizmach zasilających te źródła i przyspieszających cząstki do naj- wyższych energii.

Obserwatorium HAWC znajduje się na zboczu wulkanu Sierra Negra, na wysokości około 4100 m n.p.m. w meksykańskim stanie Puebla. HAWC składa się z ponad 300 ogromnych zbiorników wodnych, które wykrywają kaskady cząstek inicjowanych przez promienie gamma, uderzające w atmosferę i rozbijające atomy. W ten sposób powstaje deszcz cząstek poruszających się z prędkością bliską prędkości światła przez atmosferę i docierających do detektora. Ta kaskada wytwarza w wodzie błyski niebieskiego światła, co pozwala naukowcom zrekonstruować energię i pochodzenie z kosmosu inicjującego fotonu promieniowania gamma. Zbieranie wielu promieni gamma z tego samego obszaru nieba umożliwia HAWC tworzenie obrazów poszczególnych źródeł promieniowania gamma. W zakresie najwyższych energii teleskop High Altitude Water Cherenkov (HAWC) jest jednym z najczulszych instrumentów badawczych na świecie. W ciągu ostatnich lat HAWC uzyskał oszałamiające wyniki naukowe, które radykalnie zmieniły nasz obraz nieba przy energiach kilkudziesięciu czy kilkuset TeV.

Niniejszy projekt dotyczy dolnego zakresu energii fotonów gamma rejestrowanych przez HAWC poniżej 1 TeV. Czułość HAWC dla energii poniżej 1 TeV, kluczowym dla odkrycia źródeł przejściowych, została niedawno zwiększona dzięki implementacji niestandardowych algorytmów re- konstrukcji i rozpoznawania cząstek w zmodernizowanym pakiecie Pass 5 i Pass 6 analizy danych HAWC. Ulepszenia w Pass 5 i Pass 6 zwiększają szanse na wykrycie odpowiedników promieniowania gamma dla zdarzeń neutrinowych i sprawiają, że HAWC jest optymalnym monitorem źródeł przejściowych. Głównym celem tego projektu jest analiza za pomocą Pass 5 i Pass 6 nowych oraz archiwalnych danych ze źródeł przejściowych, przeprowadzenie jak dotąd najgłębszego przeglądu nieba północnego w paśmie energii poniżej 1 TeV oraz interpretacja obserwacji HAWC w kontekście astronomii wielu nośników

obserwacji, mianowicie poprzez szukanie koincydencji z innymi zestawami danych z fal grawitacyjnych, neutrin i innych pasm promieniowania gamma. Analiza danych HAWC ze źródeł przejściowych pozwoli nam lepiej zrozumieć procesy rządzące tymi niezwykle energetycznymi zjawiskami. HAWC będzie przy tym częścią sieci obserwatoriów przeglądających niebo w wielu nośnikach informacji. Obserwatorium to będzie wysyłać komunikaty o swoich odkryciach do obserwatoriów gamma zbudowanych z sieci teleskopów Czerenkowa, które mogą prowadzić badania wysokiej czułości źródeł przejściowych, oraz współpracować z LHAASO w celu objęcia szerokiego zakresu stref czasowych dla monitorowania tych źródeł.