

## **Pomiar składu promieni kosmicznych ultra-wysokich energii**

Projekt dotyczy eksperymentalnego badania promieni kosmicznych o skrajnie wysokich energiach (powyżej  $1 \text{ EeV} = 10^{18} \text{ eV}$ ). Promienie kosmiczne są cząstkami przylatującymi do Ziemi z głębi kosmosu. Większość z nich ma stosunkowo niewielkie energie, ale niektóre mają energie olbrzymie, rzędu  $100 \text{ EeV}$  - ponad 10 milionów razy większe, niż energie osiągnęte w największych akceleratorach cząstek na Ziemi. Pochodzenie cząstek o tak wysokich energiach do tej pory pozostaje nieznane. Nie wiemy, gdzie we Wszechświecie znajdują się ich źródła, ani w jaki sposób są one przyspieszane do obserwowanych, gigantycznych energii. Stanowi to jedną z największych zagadek współczesnej astrofizyki.

Promienie kosmiczne najwyższych energii są zjawiskiem niezwykle rzadkim. Aby zarejestrować i zbadać tak rzadkie przypadki, niezbędna jest sieć detektorów rozmieszczonych na ogromnym obszarze. Obecnie największą tego typu siecią jest Obserwatorium Pierre Auger, ulokowane na argentyńskiej pampie, rozciągające się na powierzchni około  $3000 \text{ km}^2$ . Detekcja promieni kosmicznych o skrajnych energiach jest możliwa tylko w sposób pośredni. Promieniowanie kosmiczne wnikając w atmosferę ziemską oddziałuje z nią, tworząc kaskadę cząstek wtórnych - jest to tzw. wielki pęk atmosferyczny. Cząstki wtórne wyprodukowane w wielkim pęku docierają do powierzchni Ziemi, gdzie są rejestrowane przez sieć detektorów naziemnych. Dodatkowo obserwuje się emisję fluorescencyjną molekuł azotu w atmosferze wskutek ich wzbudzenia przez przechodzące cząstki wielkiego pęku. W Obserwatorium Pierre Auger stosuje się hybrydową metodę detekcji promieni kosmicznych, tzn. wykorzystuje się obie powyższe metody.

Dotychczasowe wyniki uzyskane w Obserwatorium Pierre Auger stanowią ogromny postęp w naszym rozumieniu promieni kosmicznych skrajnie wysokich energii, jednakże niektóre z nich są zaskakujące, a ich interpretacja trudna w ramach obowiązującego dotąd paradygmatu promieni kosmicznych. Ponad wszelką wątpliwość stwierdzono istnienie stłumienia widma energetycznego przy energiach powyżej  $40 \text{ EeV}$ . O ile jedna cząstka o energii  $1 \text{ EeV}$  pada na jeden  $\text{km}^2$  powierzchni ziemi na rok, to już strumień cząstek o energiach większych niż  $100 \text{ EeV}$  maleje do mniej niż jednej cząstki na  $\text{km}^2$  na tysiąclecie. Stłumienie takie zostało przewidziane ponad 50 lat temu jako efekt związany ze stratami energii promieni kosmicznych w wyniku oddziaływania z promieniowaniem relikwijnym (będącym pozostałością po Wielkim Wybuchu) podczas ich propagacji z miejsca wytworzenia do Ziemi i jest znane jako obcięcie Greisena-Zatsepina-Kuzmina. Jednakże pomiar składu masowego promieni kosmicznych wskazuje, że obserwowane stłumienie widma może być raczej cechą źródeł promieni kosmicznych (gdzie maksymalna energia, do jakiej mogą być przyspieszane cząstki, rośnie wraz z ich ładunkiem), a nie efektem propagacji. Fakt ten ma fundamentalne znaczenie dla interpretacji danych i powoduje, że bardzo dokładny pomiar składu promieni kosmicznych (najlepiej indywidualny pomiar każdego przypadku) ma zasadnicze znaczenie dla zrozumienia natury promieni kosmicznych.

Obecnie dostępne są dwie metody określania składu masowego promieni kosmicznych: badanie składowej mionowej wielkich pęków atmosferycznych za pomocą naziemnej sieci detektorów oraz badanie maksimum rozwoju wielkich pęków w atmosferze za pomocą detektora fluorescencyjnego. Jednakże dokładność wyznaczania tychże parametrów jest obecnie niewystarczająca do rozstrzygnięcia kwestii natury stłumienia widma energetycznego promieni kosmicznych.

Niniejszy projekt ma na celu identyfikację cząstek pierwotnych promieni kosmicznych (ich składu masowego) przez badanie składowej mionowej wielkich pęków w Obserwatorium Pierre Auger. Planujemy też udział w modernizacji detektorów Obserwatorium Pierre Auger celem zwiększenia ich dokładności wyznaczania składu masowego promieni kosmicznych.