

POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU

Niniejszy projekt dotyczy udziału Uniwersytetu Łódzkiego w międzynarodowym eksperymencie, jakim jest największy na świecie detektor promieni kosmicznych o skrajnie wysokich energiach - "The Pierre Auger Observatory" mający na celu badanie pochodzenia i własności promieni kosmicznych o skrajnie wysokich energiach powyżej 10^{19} eV. Pochodzenie cząstek o tak wysokich energiach do tej pory pozostaje nieznane. Nie wiemy, gdzie we Wszechświecie są ich źródła, ani w jaki sposób są one przyspieszane do obserwowanych, gigantycznych energii. Ich pochodzenie i mechanizm przyspieszania stanowią jedną z największych zagadek współczesnej astrofizyki.

Pomiar kierunków przychodzenia cząstek kosmicznych to dalsza droga do wskazania ich źródeł. Tylko cząstki o energiach $> \sim 5 \times 10^{19}$ eV są odchylane przez pola magnetyczne Galaktyki oraz pozagalaktyczne na tyle mało, że kierunki ich przyjscia mogą wskazywać na obiekty kosmiczne, w których powstały. Istnieje statystycznie znacząca korelacja kierunków cząstek z pobliskimi, aktywnymi galaktykami. Sugeruje to, że obiekty te (albo inne o podobnym rozkładzie w przestrzeni) są źródłami promieni kosmicznych. Aby jednak wyciągnąć wnioski pewne konieczne są dalsze pomiary. Czas trwania pomiarów szacuje się na ~ 20 lat, kiedy to statystyka wielkich pęków o najwyższych energiach wzrośnie dziesięciokrotnie w stosunku do obecnej. Będzie można wówczas wyznaczyć strumień cząstek przy określonej energii z dokładnością do kilku procent, a więc z całą pewnością stwierdzić, czy obcięcie GZK istnieje (już mijają 44 lata od jego przewidzenia!). Źródłami cząstek o najwyższych energiach mogą być tylko obiekty znajdujące się bliżej niż ~ 100 Mpc. W takiej skali odległości Wszechświat nie jest izotropowy, więc jeśli w ogóle obserwuje się jakieś cząstki, to rozkład ich kierunków będzie najprawdopodobniej nierównomierny i wskaże na obiekty, w których powstały. Ustalenie, jakie obiekty kosmiczne są źródłami promieni kosmicznych pozwoli na ograniczenie modeli przyspieszania naładowanych cząstek do skrajnie wysokich energii. Mechanizm tego przyspieszania nie jest bowiem znany, choć najbardziej prawdopodobne wydaje się przyspieszanie na frontach fal uderzeniowych, stowarzyszonych z relatywistycznymi strugami (dżetami), wypływającymi z jąder aktywnych galaktyk.

Odkrycie źródeł punktowych promieni kosmicznych pozwoli określić też wielkość pola magnetycznego Galaktyki (i może poza nią) w różnych kierunkach, a więc być może będzie można stworzyć jakiś spójny wielkoskalowy model tego pola. Aby to jednak móc osiągnąć, konieczna jest znajomość ładunków elektrycznych cząstek kosmicznych, co jest również jednym z zadań eksperymentu. Z danych doświadczalnych zebranych do tej pory można już teraz określić górną granicę strumienia wysokoenergetycznych fotonów kosmicznych, zarówno z pomiarów detektorów fluorescencyjnych jak i powierzchniowych, oraz górną granicę wysokoenergetycznych neutronów taonowych. Pozwala to na ograniczenie niektórych modeli powstawania cząstek kosmicznych np. poprzez rozpad tzw. defektów topologicznych.

Źródła promieniowania kosmicznego oraz neutronów są przedmiotem badań fizyki wysokich energii, a metody ich detekcji na Ziemi stanowią wyzwanie od strony technologicznej, a powodują to olbrzymie energie docierających do detektora cząstek, w połączeniu z niewielkim strumieniem na jednostkę powierzchni. Widmo energetyczne promieniowania kosmicznego jest modelowane przy użyciu podwójnej funkcji potęgowej, w której teoretyczne załamanie na dużych energiach jest wynikiem oddziaływania promieni kosmicznych pochodzących z odległych źródeł z fotonami mikrofalowego promieniowania tła. Badania promieni kosmicznych mają zatem istotne znaczenie dla fizyki cząstek elementarnych, kwantowej teorii grawitacji, jak również dla kosmologii. Neutrino odgrywają zasadniczą rolę w zrozumieniu pochodzenia promieni kosmicznych skrajnie wysokich energii. Ich obserwacja powinna otworzyć nowe okno we Wszechświecie, gdyż mogą one dostarczyć informacje z rejonów o dużej gęstości materii niedostępnych dotychczasowymi technikami eksperymentalnymi. Neutrino nie odchylają się w polach magnetycznych i kierunki ich przychodzenia mogą wskazywać ich źródła. Spodziewamy się, że w zakresie energii EeV neutrino są produkowane w tych samych źródłach, w których są przyspieszane promienie kosmiczne skrajnie wysokich energii. Spodziewamy się tzw. neutronów kosmogenicznych, jeżeli promienie kosmiczne powyżej progu GZK zawierają znaczący udział protonów.

Pod koniec 19. wieku fizyka uznawana była za naukę w zasadzie zamkniętą. Tylko 2 zjawiska nie były w pełni wyjaśnione: widmo ciała doskonale czarnego i transformacja fal elektromagnetycznych. Wyjaśnienie tych zjawisk dało początek rozwojowi mechaniki kwantowej i teorii względności: fundamentów współczesnej fizyki.

Obecnie 3 niezależne eksperymenty: AGASA, Fly's Eye i Auger rejestrują cząstki przychodzące z kosmosu o tak gigantycznych energiach, że żadna teoria nie jest w stanie wyjaśnić zagadki ich pochodzenia. Jesteśmy w sytuacji podobnej jak w końcu 19. wieku. Niewykluczone, że nowe idee na miarę Plancka i Einsteina stworzą nowe obszary fizyki, które zmierzą się z hipotezami interferencji równoległych Wszechświatów, defektów topologicznych czasoprzestrzeni, kwantową grawitacją, ciemną materią etc.