

NAUKOWCY WIEDZĄ WIĘCEJ O PROMIENIACH KOSMICZNYCH ULTRA-WYSOKICH ENERGII

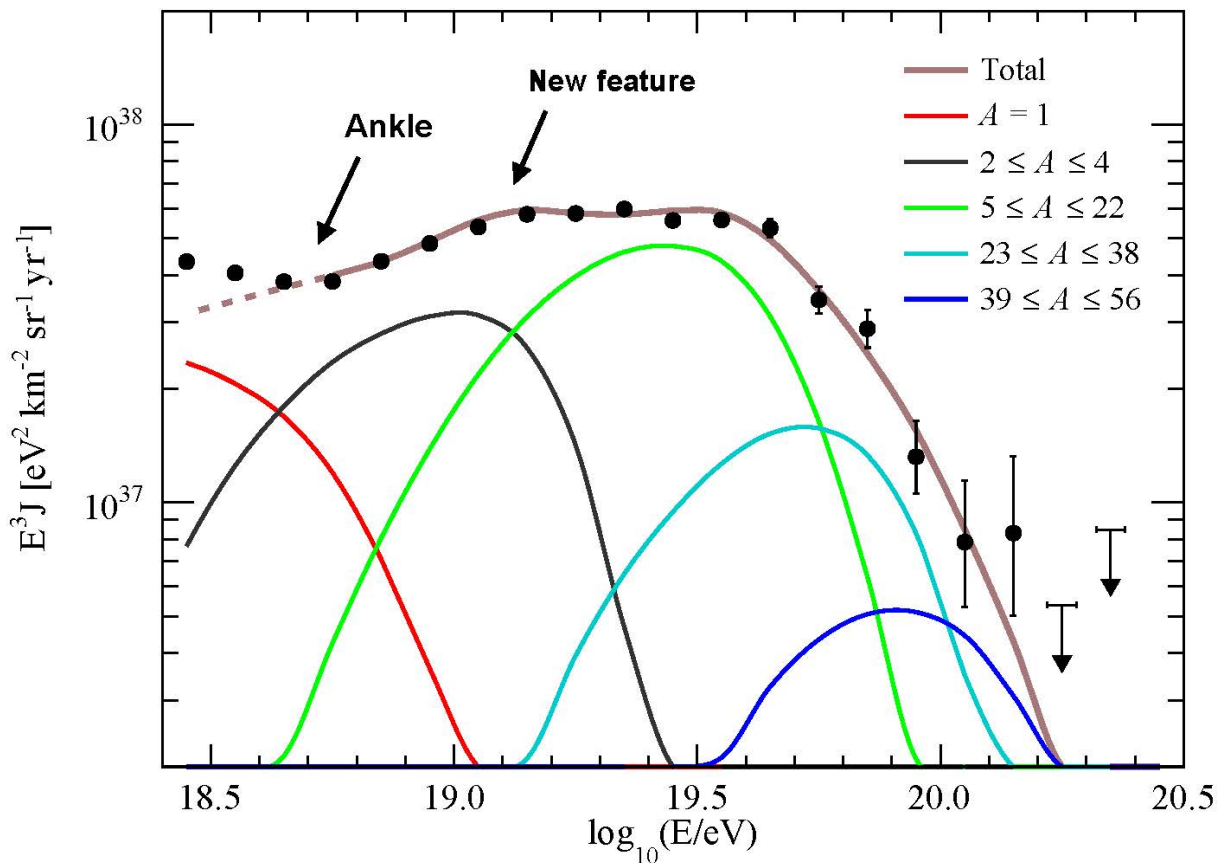
Widmo energii cząstek o najwyższych jej skalach we Wszechświecie zostało zmierzone w Obserwatorium Pierre Auger z dotąd niespotykaną precyzją. Oprócz dobrze znanego załamania w sygnaturze tego widma, zwykle określanego mianem „kostki” (ang. „ankle”), ujawniono obecność nowego, nieznanego dotąd załamania przy nieco wyższych poziomach energii. Wyniki badań zostały opublikowane niedawno w dwóch powiązanych ze sobą artykułach naukowych.

Promienie kosmiczne ultra-wysokich energii (UHECR) są cząstkami, które osiągają energie aż do 10^{20} eV, są więc cząstkami o najwyższych energiach, jakie znamy we Wszechświecie. Aby osiągnąć takie energie przy użyciu obecnie dostępnej technologii, trzeba by przeskalować akcelerator LHC do rozmiarów orbity Merkurego. Strumień takich cząstek jest skrajnie mały: na powierzchnię 1 km^2 pada mniej niż jedna cząstka na stulecie. Od wielu lat trwają usiłowania zidentyfikowania źródeł tych cząstek, a także procesów, które nadają im tak wyjątkowe energie.

Współpraca w projekcie Pierre Auger dotyczy grupy około 400 naukowców z 17 krajów z całego świata - obsługują oni największe na świecie obserwatorium promieni kosmicznych: detektor hybrydowy złożony z ponad 1600 stacji powierzchniowych (wodnych liczników czerenkowskich) pokrywających powierzchnię 3000 km^2 oraz 27 teleskopów fluorescencyjnych. Użyte łącznie, instrumenty te zapewniają kalorymetryczne pomiary energii kaskad cząstek wtórnych wywoływanych w atmosferze przez pierwotne wysokoenergetyczne promienie kosmiczne. Pozwalają również na pośrednie oszacowanie mas tych cząstek pierwotnych. Łącząc informacje o widmie energii, składzie masowym i obserwowanym rozkładzie kierunków przylotu cząstek pierwotnych, można uzyskać ważne ograniczenia na możliwe źródła tych niezwyklej cząstek.

Czytaj też: [Promieniowanie kosmiczne a komórki rakowe. Eksperyment studentów AGH](#)

Analizując dużą statystykę danych zgromadzonych do tej pory przez Obserwatorium Pierre Auger, wyznaczono widmo takich promieni kosmicznych. Dzięki wyjątkowo dużej precyzji pomiaru zidentyfikowano nową cechę widma - mianowicie, załamanie w widmie potęgowym przy energii około $1,3 \cdot 10^{19}$ eV. Wyniki zostały ogłoszone w dwu niedawnych publikacjach Współpracy Pierre Auger. Są one zilustrowane na Rys. 1, który pokazuje możliwą interpretację danych o widmie i składzie promieni kosmicznych w scenariuszu, w którym źródła wysyłają cząstki, których skład masowy zmienia się z energią.



Zbiorcze widmo promieni kosmicznych najwyższych energii przeskalowane przez E^3 , wyznaczone w Obserwatorium Pierre Auger. Dane zostały porównane z reprezentatywnym modelem źródeł, ilustrując korelację pomiędzy energią nowego szczegółu widma a składem masowym cząstek zależnym od energii. Ilustracja: Instytut Fizyki Jądrowej PAN [ifj.edu.pl]

Pokazany przykład reprezentuje szczególną klasę modeli, w których przyśpieszenie cząstek zależy tylko od ich sztywności magnetycznej (energii podzielonej przez ładunek). Skład promieni kosmicznych wydaje się być zdominowany przez jądra o pośrednich masach, emitowanych ze źródeł z bardzo twardym widmem energii, które jest modyfikowane przez efekty propagacji. W takim modelu nowe załamanie widma pojawiałoby się w naturalny sposób wskutek zmiany składu promieni kosmicznych w zakresie energii tego załamania.

Obserwowane widmo energii pozwala też wyznaczyć gęstość energii promieni kosmicznych emitowanych w przestrzeń międzygalaktyczną przez źródła emitujące w sposób ciągły. Co ciekawe - oczekuje się, że niektóre klasy aktywnych jąder galaktyk i galaktyk gwiazdotwórczych (dla których różne analizy Współpracy Pierre Auger wskazują na anizotropię promieni kosmicznych) powinny emitować energię w tym właśnie tempie. Jest to krok naprzód w poszukiwaniu źródeł promieni kosmicznych ultra-wysokich energii.

Czytaj też: [Badania promieniowania kosmicznego z użyciem smartfonów. Pierwsze wyniki](#)

Obserwatorium Pierre Auger obecnie jest w trakcie dużej modernizacji poprzez dodanie detektorów scyntylacyjnych i anten radiowych do istniejących stacji wodnych liczników czerenkowskich. Pozwoli to na uzyskanie dokładniejszych informacji o składzie masowym promieni kosmicznych i na

rozszerzenie widma mas do wyższych energii. Ewentualna obecność lekkich jąder przy najwyższych energiach otworzyłaby możliwości poszukiwania źródeł wspomaganego informacją o składzie promieni kosmicznych, a także badania kosmicznych pól magnetycznych.

IFJ PAN aktywnie uczestniczy w pracach Obserwatorium Pierre Auger, zarówno na etapie budowy Obserwatorium w latach 2000-2008, jak też w akwizycji i analizie danych. W szczególności, centralnym tematem dotychczasowych analiz było polepszenie dokładności wyznaczania energii wielkich pęków atmosferycznych w detektorze fluorescencyjnym. "Nasze ulepszenia analizy danych dotyczące m. in. rozkładu światła w obrazie optycznym wielkiego pęku, wpływu atmosfery na propagację światła i rekonstrukcji pęku w detektorze, znacząco przyczyniły się do wyznaczenia prezentowanego tu widma energii promieni kosmicznych" - podają pracownicy IFJ PAN.

Obecnie Instytut jest zaangażowany w modernizację Obserwatorium. W ścisłej współpracy międzynarodowej, w IFJ PAN zmontowano i przetestowano 228 modułów detektorów scyntylicyjnych. Detektory te wydatnie poprawią dokładność wyznaczania składu promieni kosmicznych o ultra-wysokich energiach.

Wyniki aktualnych pomiarów opisano w dwóch artykułach naukowych - pierwszy pt. „Features of the Energy Spectrum of Cosmic Rays above 2.5×10^{18} eV using the Pierre Auger Observatory” opublikowano w *Physical Review Letters* 125, 121106 (2020). Drugi natomiast trafił pod tytułem „Measurement of the cosmic-ray energy spectrum above 2.5×10^{18} eV using the Pierre Auger Observatory” do wydania *Physical Review D* 102, 062005 (2020).

Czytaj też: [Odkryto nowe pomieszczenie w piramidzie Cheopsa. Dzięki promieniowaniu kosmicznemu](#)

Źródło: [Instytut Fizyki Jądrowej PAN](#)