



ACADEMIA: Promieniowanie kosmiczne.

Co to jest i co w nim tajemniczego?

PIOTR HOMOLA: Jeżeli interesuje nas Wszechświat, to powinno nas zainteresować zarejestrowanie i zrozumienie wszelkiego rodzaju sygnałów, które on nam wysyła. Jednym z takich kanałów informacyjnych jest promieniowanie kosmiczne. To cząstki o bardzo zróżnicowanych energiach, różniących się o więcej niż 10 rzędów wielkości – co oznacza, że najmniej energetyczne cząstki promieniowania kosmicznego niosą 10 do potęgi 10 mniej energii od tych najbardziej energetycznych. Natomiast strumień – czyli liczba cząstek, które do nas przylatują, na jednostkę powierzchni detektora i jednostkę czasu – gwałtownie maleje z energią. To oznacza, że cząstki o najwyższych energiach docierają do nas niezwykle rzadko. W związku z tym statystyka danych dotyczących cząstek o najwyższych energiach jest niewielka i być może dlatego te właśnie cząstki są dla nas najbardziej ekscytujące. Jeżeli mówimy o energiach rzędu 10²⁰ elektronowoltów, to spodziewamy się mniej więcej jednej cząstki na km² na

tysiącletcie! Żeby więc taką „perłę” zaobserwować, potrzebujemy bardzo dużej powierzchni zbierających. Obecnie działające detektory obejmują w sumie powierzchnię rzędu tysięcy kilometrów kwadratowych, jednak nawet i tyle to zbyt mało, by zarejestrować statystycznie wartościową liczbę cząstek o energiach przekraczających 10²⁰ elektronowoltów. I chyba właśnie ze względu na niezadowalającą statystykę danych dotyczących cząstek o tych skrajnie wysokich energiach do tej pory nie wiemy, co to są za cząstki i jak udaje im się dolecieć do Ziemi. Tu tkwi tajemnica, która może stanowić szansę na przełom w rozumieniu Wszechświata i obiektów, które w nim istnieją.

Jakiego rodzaju obiektów?

Najbliższym źródłem promieniowania kosmicznego jest Słońce. Ze Słońca przylatują cząstki o niższych energiach – rzędu 10⁹ elektronowoltów. Inne obiekty, takie jak pozostałe gwiazdy, supernowe, kwazary czy aktywne jądra galaktyk, również emitują cząstki o podobnych lub wyższych energiach, niektóre z tych

OPOWIEŚCI ŁOWCY CZĄSTEK

O poszukiwaniach najbardziej energetycznych promieni kosmicznych mówi **dr hab. Piotr Homola** z Instytutu Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego PAN w Krakowie.



Dr hab. Piotr Homola

jest astrofizykiem, profesorem IFJ PAN. Pracuje w Zakładzie Promieni Kosmicznych. Zajmuje się badaniem promieni kosmicznych ultrawysokich energii oraz budową i rozwojem globalnej sieci detektorów CREDO.

Piotr.Homola@ifj.edu.pl
credo.science/homola

cząstek dolatują do Ziemi i nazywane są przez nas promieniami kosmicznymi. Promienie kosmiczne powstają być może również w wyniku rozpadu hipotetycznych, niezwykle masywnych cząstek powstałych na wczesnych etapach rozwoju Wszechświata. Gdyby dzięki badaniom promieniowania kosmicznego udało się potwierdzić istnienie takich cząstek, mógłby to być krok na drodze do rozwikłania zagadki ciemnej materii.

Jak się promienie kosmiczne obserwuje?

Z uwagi na gwałtownie malejący z energią strumień bezpośrednio możemy obserwować tylko cząstki o niskich energiach – do 1015 elektronowoltów. Ponieważ atmosfera Ziemi chroni nas przed promieniowaniem kosmicznym, najefektywniej rejestrują to promieniowanie urządzenia na satelitach czy na balonach stratosferycznych. W tym wypadku strumień cząstek, które docierają w pobliże Ziemi, jest na tyle duży, że możemy liczyć na bezpośrednią detekcję.

Natomiast przy energiach wyższych możemy obserwować promieniowanie kosmiczne tylko pośred-

nio. Robi się to, wykorzystując zjawiska zwane wielkimi pękami atmosferycznymi. Wysokoenergetyczne cząstki nie docierają do powierzchni Ziemi, ale oddziałują z cząstkami powietrza, wywołując kaskadę cząstek wtórnych. Obserwacja tych kaskad jest możliwa z większym prawdopodobieństwem niż w przypadku pojedynczej cząstki pierwotnej, gdyż mają one duże rozmiary. Powiedzmy, że przy energii pierwotnej cząstki rzędu 10¹⁹–10²⁰ elektronowoltów średnica frontu pędu może sięgać kilkunastu kilometrów – na takim obszarze będą rozproszone cząstki wtórne, które dotrą do powierzchni Ziemi. Jest to już zatem zauważalny obiekt fizyczny, który można obserwować różnymi technikami.

Do najbardziej rozpowszechnionych i skutecznych należy technika detekcji naziemnej przez sieć liczników cząstek rozmieszczonych w różnych odległościach od siebie. Na przykład Obserwatorium Pierre Auger w Argentynie, największy instrument rejestrujący promieniowanie kosmiczne na Ziemi, dysponuje siecią ok. 1600 detektorów odległych od

ACADEMIA prezentacje fizyka

siebie o 1,5 km każdy. Pokrywają one powierzchnię ok. 3000 km², co daje szansę na uchwycenie nawet bardzo rzadko nadlatujących cząstek. Inna technika to rejestracja światła fluorescencji powietrza. To światło powstaje w wyniku oddziaływania cząstek pęku z molekułami atmosfery. Dochodzi wówczas do wybudzenia tychże molekuł, które następnie ulegają odwzbudzeniu, czyli, inaczej mówiąc, deekscytacji, co prowadzi do emisji promieniowania, które można zobaczyć za pomocą specjalnych teleskopów. Pośrednie badanie promieniowania kosmicznego jest trudne, możemy obserwować tylko cząstki wtórne i jedynie na podstawie własności kaskad cząstek wtórnych możemy wnioskować o parametrach cząstki pierwotnej. Najłatwiej jest zrekonstruować kierunek jej przylotu. W dalszej kolejności potrafimy dość dobrze określić jej energię, a najtrudniej jest zorientować się, z jakiego rodzaju cząstką mieliśmy do czynienia – czy był to proton, czy cięższe jądro, czy foton, czy może neutri-

zespół wielkich pęków. I nam właśnie o takie zdarzenia chodzi – skupiamy się na detekcji koincydencji czasowych pomiędzy pękami czy nawet pojedynczymi cząstkami wtórnymi, zarejestrowanymi przez detektory odległe nawet o tysiące kilometrów.

W tego typu strategii ważne są dwie rzeczy. Po pierwsze, im więcej detektorów i im większa powierzchnia, tym lepiej. Dlatego w CREDO chcemy analizować praktycznie wszystkie istniejące dane ze wszystkich eksperymentów, o ile tylko będą chętne, żeby ich użyć. Oczywiście trzeba brać pod uwagę profesjonalne stacje, takie jak detektory Pierre Auger, ale ważne jest również włączenie amatorskich detektorów różnego rodzaju. Najprostszym jest smartfon z kamerą, która działa dzięki fotosensorowi. Odpowiednia aplikacja, w którą taki smartfon może być wyposażony, pozwala wykorzystać go jako narzędzie naukowe. To też jest częścią strategii CREDO, żeby łapać te niezwykle cząstki zwykłymi urządzeniami. Oczywiście trzeba wziąć pod uwagę, że jeżeli faktycznie uda się zebrać dane ze wszystkich albo z większości istniejących eksperymentów, to będzie tych danych bardzo dużo i ich analiza będzie wymagała ogromnych mocy komputerowych, zarówno jeśli chodzi o przechowywanie danych, jak i ich przetwarzanie. W związku z tym, i po drugie, będzie też potrzebna bardzo wielu ludzi, którzy na te dane będą patrzeć i je analizować.

Uczestnikiem eksperymentu CREDO może być każdy. Choćby dziesięciolatek, byle miał entuzjastyczne podejście do nauki. I smartfona.

no albo może jakaś egzotyczna cząstka. Kłopot w tym, że pęk atmosferyczny zainicjowany przez każdą cząstkę o bardzo dużej energii wygląda mniej więcej tak samo. Dopiero na podstawie większej ilości danych można wyciągać wnioski co do procentowego składu strumienia promieniowania kosmicznego, natomiast określenie typu pojedynczej cząstki o dużej energii nadlatującej do nas z kosmosu wydaje się obecnie poza zasięgiem naszych możliwości, przynajmniej w ramach metod stosowanych dotychczas.

A co to jest projekt CREDO?

CREDO to skrót od Cosmic-Ray Extremely Distributed Observatory, co można przetłumaczyć jako „skrajnie rozproszone obserwatorium promieniowania kosmicznego”. Główną ideę najłatwiej wyjaśnić, pokazując logo projektu. W literce O jest mapa globu ziemskiego i czerwone kropki, które symbolizują detektory. Te urządzenia rozsiane po możliwie dużej powierzchni dają szansę na detekcję zjawiska, które jest bardzo rozległe przestrzennie. Front pojedynczego wielkiego pęku atmosferycznego może mieć średnicę rzędu kilkunastu kilometrów. Ale możemy również wyobrazić sobie zjawisko, które rozciąga się na tysiące kilometrów, i nie jest to już pojedynczy wielki pęk, ale

Iluzja?

Tyłu, że najprawdopodobniej nie starczyłoby naukowców. Dlatego już od początku przygotowujemy metody badawcze dostępne dla niespecjalistów. Potrzebujemy ich pomocy nie tylko przy akwizycji danych poprzez użytkowanie smartfonów, ale też do późniejszej analizy. Oczywiście ta analiza będzie możliwa dzięki odpowiednio przygotowanym narzędziom instruktażom czy wręcz pełnym ścieżkom dydaktycznym.

Mam smartfona – czy mogłabym brać udział w państwa programie?

Uczestnikiem eksperymentu może być każdy. Choćby dziesięciolatek, byle miał entuzjastyczne podejście do nauki. Wystarczy wejść na stronę o może trochę nietypowym, lecz za to wymownym adresie credo.science i odnaleźć u dołu sekcję „CREDO Detector”. Tam właśnie znajdują się informacje o tym, gdzie szukać naszej aplikacji „CREDO Detector”, jak jej używać oraz w jaki sposób i gdzie dzielić się wrażeniami i doświadczeniami z innymi użytkownikami. Można też po prostu wyszukać „CREDO Detector” w Google Play.

Projekt wtedy rozprzestrzeni się po świecie?

Aplikacja „CREDO Detector” miała premierę podczas rocznicowego Sympozjum CREDO, 30 sierpnia 2017 r., i od razu zyskała sporą popularność. Zainteresowanie użytkowników znacznie wzrosło, odkąd

PROMIENIOWANIE KOSMICZNE

udostępniłmy aplikację w Google Play, jednak przed nami wciąż sporo pracy popularyzacyjnej. Na odpowiednio szeroko zakrojonej popularyzacji opiera się bowiem strategia naukowa CREDO. Jeżeli nie uda nam się rozpowszechnić naszego pomysłu, w tym również aplikacji mobilnej, na całym świecie, to może nam się nie udać osiągnięcie celów naukowych. To, co robimy w ramach CREDO, musi być globalne i stąd też konieczność aktywności medialnej, w mediach społecznościowych, podczas konferencji naukowych. Musimy zainteresować naszym przedsięwzięciem jak najszerszy krąg osób, bardziej partnerów i kolegów niż użytkowników – pasjonatów nauki, również bardzo młodych. Tu jest też potencjał „grywalnościowy”: pokemony były bardzo modne, teraz się szuka skarbów, a tu mamy coś bardziej intrygującego: nie trzeba nigdzie chować żadnego stwora ani klejnotów, o wiele ciekawsze obiekty przylatują do nas same z kosmosu.

Dlaczego kamera w smartfonie jest niezbędna?

W kamerze jest czujnik światła, który może być używany w taki sposób, aby rejestrował cząstki inne niż fotony, bardziej przenikliwe. Nasza aplikacja wymaga tego, żeby osłonić kamery przed światłem widzialnym. Czyli tak naprawdę trzeba umieścić smartfona w jakimś ciemnym pudełku albo okleić taśmą. Cząstki wtórnego promieniowania kosmicznego można rejestrować, nawet spacerując z psem, należy tylko pamiętać o odpowiednim przysłonięciu kamer, dobrze byłoby też zabrać ze sobą power bank, gdyż pobór mocy w niektórych aparatach może być spory. Pamiętajmy też, że największą zdolność obserwacyjną nasze podręczne urządzenie badawcze osiąga w pozycji horyzontalnej, wtedy powierzchnia zbierająca jest największa, oczekujemy bowiem przede wszystkim cząstek nadlatujących z góry, głównie pionowo. Biorąc pod uwagę te niewielkie utrudnienia, możemy dojść do wniosku, że najlepiej uruchamiać nasz detektor w nocy. To bardzo wygodne – śpiąc, można przyczynić się do rozwoju światowej nauki i nie tracić nerwów, że nam się rozładuje telefon. Wystarczy więc smartfona przed spaniem zakleić, względnie zasłonić, podłączyć zasilanie, upewnić się, że jest włączony internet, i tyle. Cząstki, a z nimi być może wielkie odkrycie naukowe, nadleżą same.

Później, jeżeli tylko zechcemy, może nastąpić kolejny etap – jeżeli mój własny detektor złowi jakiejś cząstki, to przyjemnie by było wykonać analizę, np. taką, która wykaze, że właśnie moja cząstka jest częścią większej całości: dużego, rozciągniętego przestrzennie lub czasowo zespołu promieni kosmicznych. Zaobserwowanie takiego zespołu to byłoby wielkie odkrycie, być może przynoszące tak długo oczekiwany przełom w nauce, czyli np. wejście w obszary fizyki poza Modelem Standardowym. Czy nie byłoby przyjemnie, gdyby okazało się, że odkrycie naukowe, na które cały świat poluje, zostanie ogłoszone w pewnym stopniu

dzięki cząstce, która została zarejestrowana osobiście przeze mnie, za pomocą mojego osobistego detektora – smartfona? Dla wielu osób to może być dodatkowa motywacja, mamy nadzieję, że zechcą nie tylko łapać cząstki, ale też włączać się w dalszą część projektu.

Istotne włączanie się niespecjalistów w badania naukowe określa się terminem *citizen science*, co można przetłumaczyć jako „nauka obywatelska”. To jest prawdziwa nauka, uprawiana przez niespecjalistów ręką w rękę z profesjonalistami. Udział niespecjalistów powinien być odzwierciedlony również w publikacjach naukowych, tzn. każdy, kto uczestniczył w uzyskaniu wyniku, ma prawo być współautorem. Wydaje się, że strategia oparta na *citizen science* jest kluczem do sukcesu dla CREDO. Oczekujemy, że nasze publikacje będą miały milion współautorów, co będzie pewnie kłopotem dla wydawców.

Ale najpierw dla badaczy – milion użytkowników zbierze i wstępnie zanalizuje dane, ale później trzeba je zgromadzić i zinterpretować.

To jest ogromne zadanie. Praca musi być w jak największym stopniu zautomatyzowana, jednak potrzeby kadrowe będą bez wątpienia ogromne, do realizacji celów CREDO potrzebna jest bardzo szeroka współpraca międzynarodowa. Jeśli chodzi konkretnie o gromadzenie i przetwarzanie danych, to partnerem CREDO jest Akademickie Centrum Komputerowe Cyfronet AGH, bardzo się z tego cieszymy, jest do dla nas gwarancją profesjonalizmu i bezpieczeństwa cyfrowego na światowym poziomie.

Czy państwa projekt uzupełnia tradycyjny sposób detekcji promieni kosmicznych?

Tak. Obecne badania pozwalają na rejestrowanie i badanie pojedynczych cząstek, nieskorelowanych w czasie. CREDO nastawia się na więcej. Jeżeli znajdziemy choćby dwie cząstki, o których będziemy mogli powiedzieć, że wspólnie wędrowały do nas przez Wszechświat, to będzie to obserwacja dużego kalibru. Jesteśmy przekonani, że zespoły promieni kosmicznych mogą powstawać we Wszechświecie, byłoby więc dobrze spróbować je zaobserwować, mogłoby to dać nam wiele do myślenia. Jednak jak dotąd nie próbowano przymierzać się do takiej obserwacji, CREDO jest pionierem. Nie wiemy oczywiście, czy nam się uda, może się okazać, że ta nasza *terra incognita* to jest pustynia, ale może to być również bardzo ciekawa kraina, pełna niesłychanie interesujących obiektów naukowych. W każdym przypadku posuwamy sprawy naukowe do przodu, o ile tylko opublikujemy rezultat naszych obserwacji. Jeżeli pustynia, to mamy publikację na temat pustyni, a jeżeli nieogładane dotąd zjawisko – to otwieramy szampana!

Z DR. HAB. PIOTREM HOMOLĄ
 ROZMAWIAŁA ANNA ZAWADZKA

