



dr Kévin Almeida Cheminant

Rozmowa z autorem pracy:

„Search for ultra-high energy photons through preshower effect with gamma-ray telescopes”

Co zdecydowało o tym, że poświęcił Pan rozprawę doktorską zagadnieniu fotonów gamma o skrajnie wysokich energiach?

Promienie kosmiczne o ultrawysokiej energii (UHECR) to naładowane cząstki przemieszczające się przez Wszechświat o energii porównywalnej z energią profesjonalnie zaserwowanej piłki tenisowej. Taka energia jest poza zasięgiem obecnych możliwości akceleratorów cząstek elementarnych, a zatem UHECR są bardzo wartościowe, gdyż umożliwiają nam zrozumienie fizyki ekstremalnie wysokich energii. Niemniej, ich pochodzenie pozostaje owiane tajemnicą. Jednak w połączeniu z UHECR są często emitowane również fotony o ultrawysokiej energii. Poszukiwanie tych fotonów ma kilka zalet. Jako cząstki neutralne nie są odchylane przez pola magnetyczne i odzyskanie ich źródła emisji rzuciłoby trochę światła na pochodzenie UHECR. Po drugie, różne scenariusze produkcji UHECR prowadzą do różnych oczekiwań odnośnie strumienia fotonów UHE. Niestety, żaden foton UHE nigdy nie został zaobserwowany. Moja praca doktorska była poświęcona opracowaniu nowej metody wyszukiwania tych fotonów za pomocą teleskopów promieniowania gamma, które zostały zaprojektowane do obserwacji fotonów GeV-TeV. Pokazaliśmy, że te teleskopy mogą skutecznie wykrywać fotony UHE, dzięki czemu do poszukiwań już zainicjowanych przez Obserwatorium Pierre Auger i Telescope Array dołączyła grupa teleskopów gamma rozsianych po całym świecie.

Od dłuższego czasu jest Pan uczestnikiem projektu CREDO. Jak przybliżyłby go Pan osobie niezwiązanej z dziedziną?

CREDO to skrót od Cosmic-Ray Extremely Distributed Observatory. Idea, która stoi za tym projektem, polega na stworzeniu ogólnosiwiatowej sieci detektorów promieniowania kosmicznego w celu poszukiwania możliwych korelacji między odległymi detekcjami tego promieniowania. Aby stworzyć taką sieć, należy wziąć pod uwagę każdy potencjalny detektor promieniowania kosmicznego, zarówno profesjonalny (detekcja neutronów, ciemnej materii, eksperymenty z promieniowaniem gamma, itp.) jak i aparaturę edukacyjną (CosmicWatch, itp.). W tym celu, w ramach współpracy CREDO opracowano aplikację na smartfony, która może zmienić ich czujniki kamery w detektor cząstek. Zgodnie z filozofią CREDO, wszystkie dane i analizy są w pełni dostępne dla każdego uczestnika projektu i dzięki temu umożliwiają dostrzeżenie potencjalnego związku między promieniami kosmicznymi a innymi dziedzinami fizyki, takimi jak np. biofizyka (wpływ promieniowania na organizm żywy) lub geofizyka (związek między promieniowaniem i trzęsieniami ziemi). Więcej informacji o CREDO można znaleźć na stronie <https://credo.science>.

W pracy wykorzystuje Pan zarówno dane pochodzące z obserwacji jak i te powstałe w wyniku symulacji komputerowych. Jak ocenia Pan zaawansowanie i przydatność modelowania komputerowego w astrofizyce i jak zasoby Cyfronetu wpisują się w oczekiwania astrofizyków?

Promieniowanie kosmiczne oraz gamma, oddziałujące z atmosferą ziemską wytwarzają kaskady zawierające setki tysięcy cząstek wtórnych, które są wynikiem wielu różnych rodzajów interakcji. Ponieważ modele analityczne nie dają pełnego opisu tych kaskad, musimy polegać na rozbudowanych symulacjach Monte-Carlo, które wymagają dużych zasobów obliczeniowych. Symulacje te mogą opisać zachowanie każdej cząstki, a także uwzględnić probabilistyczny charakter oddziaływań cząstek. Dzięki nim możemy przyjąć pewne założenia i testować różne modele fizyczne, które następnie są porównywane z zebranymi danymi. W mojej pracy zasoby Cyfronetu pozwoliły mi na uruchamianie bardzo dużej liczby niezwykle wymagających obliczeniowo symulacji Monte-Carlo. Bez nich nie uzyskałbym wystarczającej liczby statystyk, aby zbudować moje

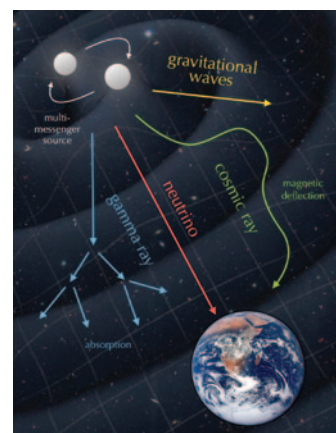
modele w rozsądnym czasie. Co więcej, w miarę jak coraz lepiej rozumiemy interakcje fizyczne i dążymy do bardziej szczegółowych opisów zjawisk fizycznych, centra superkomputerowe będą miały coraz większą rolę do odegrania w nadchodzących latach. Jestem przekonany, że wiedza i doświadczenie kadry Cyfronetu będą niezwykle cenne dla każdego naukowca potrzebującego dużych zasobów komputerowych.

W oparciu o Pańskie doświadczenie i wiedzę, a także wyniki zawarte w rozprawie, jakie są Pańskie przewidywania dotyczące rozwoju dyscypliny?

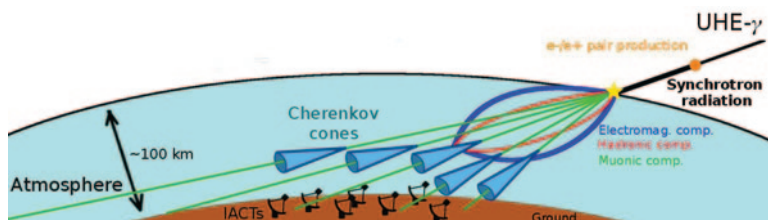
Chociaż istniejące eksperymenty fizyki astrocząstek przyniosły bezprecedensowy przyrost wiedzy o najwyższych obserwowalnych energiach we Wszechświecie, wciąż dążymy do bardziej czułych detektorów o lepszej rozdzielczości kątowej i energetycznej. Najnowsza generacja teleskopów gamma wykorzystywana w ramach przedsięwzięcia Cherenkov Telescope Array (CTA) zapewni lepsze zrozumienie znanych źródeł promieniowania gamma, ale także umożliwi wyszukiwanie UHECR. W fizyce promieniowania kosmicznego o ultra wysokiej energii dodatkowe detektory dostarczą więcej informacji o interakcjach cząstek w pękach i większej ilości danych statystycznych, potrzebnych do zrozumienia natury tego promieniowania. Korzystamy zatem również z eksperymentów, takich jak IceCUBE, KM3Net lub Baikal-GVD, gdyż dają one nowy wgląd we Wszechświat ekstremalnych energii. Przyszłość dyscypliny nieuchronnie leży w nieustannej komunikacji i wymianie danych, a społeczność fizyków cząstek i badaczy już zapoczątkowała ten proces. Dzięki systemowi alertów rozblyskujące źródła astrofizyczne są teraz obserwowane w ramach różnego rodzaju eksperymentów, co pozwala nam zdobyć bardzo zróżnicowane i ważne dane na temat zjawisk fizycznych zachodzących w tych źródłach.

Co chciałby Pan przekazać osobom rozważającym dopiero podjęcie studiów doktoranckich?

Myślę, że najlepszą radą, jaką mogę dać każdemu rozpoczynającemu studia doktoranckie, to nie bać się poznawania nowych metod lub nowych tematów. Bycie nowicjuszem w wyspecjalizowanych dziedzinach może być przerażające, a w moim przypadku często czułem, że wszystko, co wymyślę, będzie po prostu mało interesujące. Otóż nic bardziej mylnego! Myślę, że każdy projekt badawczy wymaga odrobiny kreatywności oraz ciekawości i nie należy obawiać się eksperymentowania z własnymi pomysłami, nawet jeśli finalnie będziemy musieli zmienić koncepcję. Zadawanie pytań i ciągłe bycie na bieżąco z dziedziną mogą również sprawić, że studia doktoranckie będą bardzo satysfakcjonującym doświadczeniem. Wreszcie, rozmowy i uczestnictwo w prezentacjach to doskonałe ćwiczenie i dobry sposób na efektywne podsumowanie swoich własnych badań, ale także pozyskiwanie cennych uwag i komentarzy od ekspertów.



Obiekty astrofizyczne mogą przesyłać różnego rodzaju informacje, w tym neutrino, fale grawitacyjne, promienie kosmiczne i promienie gamma. Obserwacja tych obiektów za pomocą różnego rodzaju eksperymentów w celu wykrycia tych informacji zapewnia nam lepsze zrozumienie zjawisk fizycznych zachodzących przy najwyższych energiach.



Foton o ultrawysokiej energii oddziałujący z polem geomagnetycznym wytwarza parę elektron/pozyton, która emituje fotony wtórne (promieniowanie synchrotronowe). Ten zbiór cząstek, zwany także deszczem wstępnym, wytwarza kaskadę atmosferyczną zawierającą setki tysięcy cząstek. Taką kaskadę można wykryć na ziemi za pomocą teleskopów IACT (Imaging Atmospheric Cherenkov Telescopes) poprzez niebieskawe promieniowanie Czerenkowa emitowane w powietrzu przez naładowane cząstki (elektrony, miony, itp.).