

Polowanie na najwyższe energie

JACEK NIEMIEC

Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego
Polska Akademia Nauk, Kraków

Dr hab. Jacek Niemiec jest profesorem IFJ PAN, zajmuje się modelowaniem mikrofizyki procesów plazmowych odpowiedzialnych za przyspieszanie cząstek i generację turbulencji elektromagnetycznej. Koordynuje prace aparaturowe związane z projektem CTA wykonywane w IFJ PAN. Jest też członkiem współpracy H.E.S.S.

Z początkiem XXI wieku nowoczesne naziemne obserwatoria wysokoenergetycznego promieniowania gamma zapoczątkowały nową erę astronomii. W ciągu dekady liczba znanych źródeł gamma, z kilku zarejestrowanych przed 2002 rokiem, wzrosła do ponad stu. Za pomocą trzech rodzajów teleskopów – małych, średnich i dużych – obserwatorium CTA zarejestruje wiele nowych obiektów i zjawisk. Projekt jednego opracowali Polacy

Wśród źródeł gamma są blazary, pozostałości po wybuchach supernowych, rentgenowskie układy podwójne gwiazd, centrum Drogi Mlecznej, obłoki molekularne, radiogalaktyki oraz galaktyki z burzą formacji gwiazdowej. Obserwacje fotonów gamma bardzo wysokiej energii pozwalają też stawiać pytania fundamentalne, np. dotyczące natury ciemnej materii czy efektów kwantowej grawitacji.

Promieniowanie Czerenkowa

Współczesne instrumenty astronomii gamma wykorzystują metodę detekcji fotonów gamma polegającą na rejestracji obrazów pęków atmosferycznych w postaci impulsów promieniowania Czerenkowa. Impulsy te powstają wskutek zderzenia cząstek gamma z atomami powietrza w górnych warstwach atmosfery Ziemi. Nieosiągalną przez inne metody obserwacyjne czułość detekcji uzyskuje się w znacznej mierze przez zastosowanie techniki stereoskopowej. Rejestracja obrazu tego samego pędu równocześnie przez kilka teleskopów pozwala na eliminację tła pochodzącego od promieni kosmicznych oraz mionów. Umożliwia też dokładne wyznaczenie kierunku nadejścia cząstki gamma oraz jej energii.

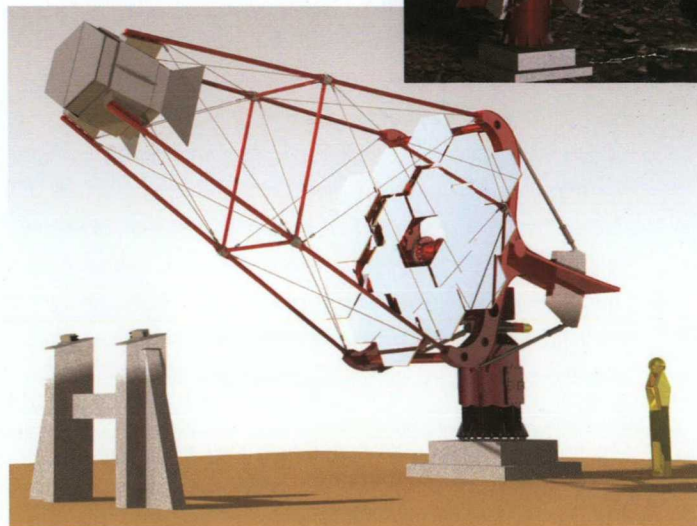
Obecnie działające naziemne obserwatoria gamma składają się z dwóch do pięciu teleskopów. Dwa 17-metrowe teleskopy obserwatorium MAGIC dzięki dużej

powierzchni zwierciadlanej są w stanie rejestrować słabe błyski promieniowania Czerenkowa inicjowane przez fotony o niższych energiach, rzędu kilkudziesięciu gigaelektronowoltów (GeV). Czułość sieci czterech 12-metrowych teleskopów obserwatoriów H.E.S.S. i VERITAS jest najwyższa dla fotonów o energiach rzędu teraelektronowoltów (TeV). W obserwatorium H.E.S.S. działa także od niedawna piąty, największy na świecie teleskop o średnicy zwierciadła 28 m. Następcą tych projektów będzie obserwatorium Cherenkov Telescope Array (CTA).

Konsorcjum CTA

Projekt obserwatorium CTA zrodził się z inicjatywy środowisk naukowych zaangażowanych w H.E.S.S. i MAGIC. Obecnie w Konsorcjum CTA współpracuje ponad tysiąc naukowców i inżynierów z 29 krajów świata. W planach są dwa obserwatoria, jedno na półkuli południowej, drugie na północnej, dzięki czemu w zasięgu obserwacji znajdzie się cała powierzchnia nieba. Obserwacje będą prowadzone przy wykorzystaniu w sumie ponad 150 teleskopów Czerenkowa. Aby pokryć szeroki zakres energii, od około 20 GeV do ponad

Projekt małego teleskopu Czerenkowa



Materiały prasowe IFJ PAN



Materiały prasowe IFJ PAN

Prototyp struktury mechanicznej małego teleskopu dla CTA

300 TeV, powstaną trzy rodzaje teleskopów: małe, o średnicy zwierciadła 4 m, średnie - o średnicy 12 m, oraz duże - o średnicy 23 m.

Wśród głównych partnerów międzynarodowego konsorcjum CTA jest też zespół polski, który we współpracy ze Szwajcarią wziął na siebie odpowiedzialność za opracowanie projektu małego teleskopu oraz wykonanie jego prototypu. Polskie Konsorcjum Projektu CTA działa od maja 2009 roku i zrzesza ponad 70 osób z dziewięciu instytucji naukowych. Projekt został umieszczony na europejskiej mapie drogowej wielkich infrastruktur badawczych ESFRI, a także na światowych mapach ASPERA i ASTRONET oraz na sporządzonej przez MNiSW Polskiej Mapie Drogowej Infrastruktury Badawczej.

Sieć małych teleskopów będzie rejestrować fotony gamma o energiach sięgających 300 TeV. Detekcja czą-

stek o tak wysokich energiach za pomocą teleskopów Czerenkowa jest obecnie niemożliwa. Zbadanie tego zakresu energetycznego jest jednak niezwykle istotne dla zrozumienia m.in. mechanizmów działania kosmicznych akceleratorów cząstek promieniowania kosmicznego.

Nasz mały teleskop

Projekt struktury mechanicznej oraz napędu małego teleskopu Czerenkowa opracował zespół z Instytutu Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego PAN w Krakowie. Teleskop ma optykę typu Daviesa-Cottona, w której sferyczna czasza odbijająca o promieniu krzywizny równym ogniskowej teleskopu zbudowana jest z mozaikowych zwierciadeł sferycznych o ogniskowej równej promieniowi krzywizny reflektora. Tak prosta konstrukcja oferuje tani sposób eliminacji aberracji optycznych.

Teleskop o ogniskowej 5,6 m oraz średnicy reflektora 4 m, złożonego z 18 zwierciadeł w kształcie sześciokąta, zaopatrzone będzie w nowatorską, w pełni cyfrową kamerę, zbudowaną z 1296 fotopowielaczy krzemowych. Pole widzenia kamery wynosi 9 stopni i jest co najmniej dwa razy większe od pola widzenia współcześnie używanych instrumentów. Obraz pęku inicjowanego przez wysokoenergetyczną cząstkę zmieści się więc w całości na kamerze. Po kształcie obrazu łatwo będzie odróżnić foton od hadronu. Szybciej będzie można także dokonać przeglądu nieba.

Ruch obrotowy teleskopu oraz ruch względem osi głównej zapewniają dwa niezależne układy złożone z łożyska oraz przekładni ślimakowej wraz z parą silników. Głównym elementem konstrukcyjnym struktury mechanicznej teleskopu są komercyjnie dostępne profile i blachy stalowe, co pomogło znacznie obniżyć koszty.

29 listopada 2013 roku w IFJ PAN w Krakowie stanęła struktura mechaniczna prototypu małego teleskopu dla CTA. Prototyp zmontowali pracownicy przedsiębiorstwa Ponar Sp. z o.o. z Żywca. W IFJ PAN opracowujemy obecnie oprogramowanie sterujące oraz system monitoringu. Na wiosnę rozpoczną się testy prototypu. Dzięki modelom komputerowym wiemy już między innymi, że maksymalne odkształcenia czaszy zwierciadlanej są znacznie mniejsze od granicznej wartości zadanej przez specyfikację CTA. Analiza dynamiczna wykazała również, że struktura teleskopu jest odporna na huraganowe podmuchy wiatru sięgające 200 km/h. Zanim jednak będą możliwe planowane próbné obserwacje Mgławicy Krab - świecy standardowej astronomii gamma - teleskop trzeba jeszcze wyposażyć m.in. w zwierciadła i kamerę. Uroczysta inauguracja prototypu struktury małego teleskopu odbędzie się 2 czerwca 2014 roku. W pełni wyposażony, gotowy do pomiarów teleskop powinien być ukończony do końca 2014 roku. ■

Chcesz wiedzieć więcej?

Acharya et al. (2013). Introducing the CTA concept. *Astroparticle Physics*, 43, 3.