

# PROJEKT CTA - Cherenkov Telescope Array - czyli Sieć Teleskopów Czerenkowa

Małgorzata Nowina Konopka

W centrum badań kosmologii, astrofizyki i fizyki fundamentalnej są obiekty i zjawiska Wszechświata coraz bardziej odległe od Ziemi. Już nie tylko czarne dziury, pozostałości po wybuchach supernowych, miejsca narodzin gwiazd, pulsary i gwiazdy podwójne w naszej Galaktyce, ale i dalej w głębi Kosmosu spodziewamy się zobaczyć setki galaktyk zawierających w jądrach supermasywne czarne dziury. W pobliżu tych dziur istnieją bardzo silne pola grawitacyjne i magnetyczne. Prawdopodobnie to właśnie one sprawiają, że część materii zamiast wpaść do czarnej dziury jest wyrzeliwana w przestrzeń w postaci relatywistycznych strug.

Ziemia jest nieustannie bombardowana przez promienie kosmiczne. Są to w większości protony. Ich torę są zakrzywane przez pole magnetyczne naszej Galaktyki. Wraz z promieniowaniem kosmicznym produkowane są fotony gamma, które nie posiadając ładunku elektrycznego, biegną w przestrzeni po liniach prostych i dzięki temu mogą wskazywać miejsca powstania promieni kosmicznych.



Fot. 1. Wizja artystyczna pęku atmosferycznego

Wskutek oddziaływania promieni gamma z górnymi warstwami atmosfery powstają kaskady cząstek wtórnych. Wiele cząstek w kaskadach porusza się z prędkościami większymi niż prędkość światła w powietrzu (ale oczywiście mniejszymi niż prędkość światła w próżni!). Gdy naładowana cząstka porusza się w ośrodku materialnym z prędkością większą od prędkości fazowej światła w tym ośrodku, to w ściśle określonym kierunku leżącym pod kątem ostrym do kierunku ruchu cząstki jest emitowane promieniowanie elektromagnetyczne w postaci niebieskawych rozbłysków, zwane promieniowaniem Czerenkowa<sup>1</sup>. Błyski te powstają w atmosferze ziemskiej i są generowane przez kaskady relatywistycznych cząstek wywołane przez promieniowanie kosmiczne i fotony promieniowania gamma. Błyski trwają zaledwie kilka nanosekund i są niewidoczne dla ludzkiego oka. Ich rejestrację i odtworzenie obrazów kosmicznych akceleratorów cząstek emitujących promieniowanie gamma umożliwiają teleskopy Czerenkowa. Teleskopy te są wyposażone w zwierciadła o ol-

brzymich powierzchniach segmentowych i ultraszybkie kamery wysokiej czułości, co umożliwi określenie na niebie, kierunków z których przychodzą fotony gamma.

Współczesna generacja naziemnych teleskopów promieniowania gamma rozpoczęła pracę w 2003 r. Dzięki nim liczba znanych źródeł promieniowania gamma na niebie zwiększyła się z około 10 do przeszło 100 nowych obiektów.

Obecnie działające naziemne obserwatoria wyposażone w teleskopy Czerenkowa to:

- H.E.S.S. – (akronim nazwy "High Energy Stereoscopic System") jest układem pięciu teleskopów Czerenkowa, jednego (największego na świecie) o średnicy zwierciadła 28 m i czterech mniejszych o średnicy zwierciadeł 12 m znajduje się w Namibii na Wyżynie Khomas (południowa Afryka).
- VERITAS (Very Energetic Radiation Imaging Telescope Array System) - jest układem czterech 12-metrowych teleskopów zlokalizowanych na wzgórzu Mount Hopkins w stanie Arizona (Stany Zjednoczone).
- MAGIC (Major Atmospheric Gamma-ray Imaging Telescope) - jest układem dwóch teleskopów o średnicy luster 17 m, znajdującym się na wyspie kanaryjskiej La Palma.

Z inicjatywy środowisk naukowych zrodził się projekt budowy nowego znacznie większego obserwatorium CTA - Cherenkov Telescope Array czyli Sieć Teleskopów Czerenkowa planowany na lata 2014-2020. Projekt został zgłoszony przez Niemcy, Francję i Polskę. Umieszczono go na mapie wielkich infrastruktur badawczych ESFR, a także na światowych mapach ASPERA i ASTRO-NET. Od 2011 r. jest też uznany oficjalnie przez CERN jako „CERN recognized experiment”. CTA będzie największym na świecie naziemnym obserwatorium promieniowania gamma wysokich i najwyższych energii. Wśród 29 państw świata współpracujących w ramach CTA Polska jest jednym z głównych partnerów. Uczestnictwo Polski w projekcie CTA poprzedziła bardzo efektywna współpraca z mniejszymi obserwatoriami H.E.S.S. i MAGIC.

W ramach projektu powstaną dwa obserwatoria, jedno na półkuli południowej, drugie na północnej, dzięki czemu obserwacje obejmą całą powierzchnię nieba i będą prowadzone przy wykorzystaniu w sumie ponad 100 teleskopów Czerenkowa. Obecnie trwa poszukiwanie najlepszej lokalizacji dla obserwatorium południowego, rozważane jest jego umieszczenie w Chile lub Namibii - poinformował koordynator projektu CTA, prof. Werner Hofmann. Aby pokryć szeroki zakres energii - od ok. 20 GeV do ponad 100 TeV zostaną zbudowane 3 rodzaje teleskopów. W obszarze centralnym znajdzie się kilka dużych (ang. large-size telescopes, LSTs), o średnicach zwierciadła 23 m.

Wokół każdego z nich zostanie rozmieszczonych wiele teleskopów średniej wielkości (ang. mid-size telescopes, MSTs) o średnicach około 12 m. Ponadto w obserwatorium południowym dodana będzie rozległa sieć małych (ang. small-size telescopes, SSTs) teleskopów o średnicach zwierciadeł 4 m. Zastosowanie tych trzech typów teleskopów pozwoli na badanie promieniowania gamma w szerokim zakresie energii.



Fot. 2. Laboratorium naziemne HESS w Namibii

Sieć małych teleskopów Czerenkowa będzie obserwować kosmiczne źródła fotonów gamma o energiach sięgających 300 TeV. Ten zakres energetyczny pozostaje dotąd niedostępny a przecież jest niezwykle ważny dla zrozumienia kosmicznych akceleratorów cząstek promieniowania kosmicznego. Główne ograniczenie obserwacji przy najwyższych energiach stanowi znacznie mniejszy strumień fotonów w porównaniu z zakresem niskoenergetycznym. Dlatego też sieć kilkudziesięciu teleskopów SST pokrywać będzie powierzchnię kilku kilometrów kwadratowych, tak aby osiągnąć czułość wystarczającą do planowanych obserwacji.

Doświadczenie Polaków sprawiło, że są oni jednym z dominujących partnerów w projekcie CTA. W maju 2009 powstało Polskie konsorcjum Projektu Cherenkov Telescope Array. Tworzą je trzy instytucje naukowe PAN: Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego (IFJ PAN), Centrum Badań Kosmicznych (CBK PAN), Centrum Astronomiczne (CAMK PAN), pięć uniwersytetów: Uniwersytet Jagielloński (Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej) jako - główny koordynator Konsorcjum, Uniwersytet Warszawski (Wydział Fizyki), Uniwersytet Łódzki (Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Mikołaja Kopernika (Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej (UMK), Akademia Górniczo-Hutnicza (Wydział Informatyki, Elektroniki i Telekomunikacji) oraz Akademickie Centrum Komputerowe CYFRONET AGH. W sumie polski zespół CTA tworzy ponad 70 naukowców i inżynierów. Koordynatorem prac projektu jest prof. dr hab. Michał Ostrowski (UJ), a zespołem z IFJ PAN kieruje dr hab. Jacek Niemiec.

Naszym głównym zadaniem, realizowanym we współpracy ze Szwajcarią, jest całościowe opracowanie projektu małego teleskopu SST-1M oraz wykonanie prototypu a także budowa elektroniki dla kamery cyfrowej „FlashCam”, opracowanie technologii budowy zwierciadeł kompozytowych, prace modelowe i informatyczne.

Zespół konstruktorów z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN opracował już projekt i zbudował prototyp struktury mechanicznej oraz napędu małego teleskopu Czerenkowa. Teleskop ten, o ogniskowej 5,6 m i średnicy zwierciadła 4 m, zaopatrzone będzie w nowatorską w pełni cyfrową kamerę zbudowaną z fotonowielaczy krzemowych. W listopadzie 2013 r. w Instytu-

cie Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie stanęła struktura mechaniczna prototypu małego teleskopu dla Obserwatorium CTA. Prototyp ten został zmontowany przez pracowników przedsiębiorstwa Ponar-Żywiec. W IFJ PAN trwają obecnie prace nad stworzeniem pełnej wersji elektroniki sterującej teleskopu oraz systemu monitoringu. Aby umożliwić planowane próbné obserwacje Mgławicy Krab - świecy standardowej astronomii gamma - teleskop musiał zostać wyposażony m.in. w zwierciadła i kamerę. Prace nad budową tych komponentów są obecnie prowadzone w instytucjach Polskiego Konsorcjum Projektu CTA i współpracującego zespołu z Uniwersytetu w Genewie.



Fot. 3. Goście uroczystości w IFJ PAN obserwują pierwszy raz uruchomiony prototyp teleskopu

fol. z archiwum IFJ

W czerwcu 2014 r. w Instytucie Fizyki Jądrowej PAN odbyła się uroczystość otwarcia prototypu małego teleskopu Czerenkowa. Sesję rozpoczęli dyrektor IFJ PAN prof. Marek Jeżabek i prof. Michał Ostrowski – koordynator Polskiego Konsorcjum CTA witając zebranych gości. Wśród nich był międzynarodowy koordynator projektu CTA prof. Werner Hofman, który wygłosił wykład pt. „The Cherenkov Telescope Array”. Z referatem „The SST-1M Project” wystąpiła prof. Teresa Montaruli – kierownik projektu SST-1M. Część oficjalną zakończyły liczne podziękowania: prof. Kazimierza Grotowskiego – nestora krakowskich fizyków jądrowych, prorektora UJ prof. Stanisława Kistryna, oraz dr hab. Jacka Niemca – koordynatora zespołu CTA w IFJ, który zaprosił gości na uroczystą prezentację uruchomienia teleskopu.

Zbudowanie prototypu małego teleskopu i uruchomienie go w IFJ PAN stanowi pierwszy znaczący dla całego projektu krok budowy struktury mechanicznej teleskopu 1M - SST.

dr Małgorzata Nowina Konopka,  
Instytut Fizyki Jądrowej PAN,  
Kraków

#### Przypisy

- Popularną analogią promieniowania Czerenkowa jest zjawisko dźwiękowej fali uderzeniowej, wywołanej przez ciało poruszające się z prędkością ponad dźwiękową.