



Kraków, 3 października 2018

HAWC: Mikrokwazar SS 433 odsłania naturę najjaśniejszych latarni Wszechświata

Lśnią nawet z odległości miliardów lat świetlnych. Intrygujące i enigmatyczne, kwazary są nieskore do ujawniania swych tajemnic. Na szczęście możemy je nieco lepiej poznać przyglądając się ich gwiezdny odpowiednikom: mikrokwazarom. Wieloletnie obserwacje mikrokwazara SS 433, zrealizowane w obserwatorium HAWC, pozwoliły po raz pierwszy zidentyfikować spektakularne szczegóły procesów odpowiedzialnych za produkcję wysokoenergetycznego promieniowania.

To prawdopodobnie jeden z najbardziej majestatycznych widoków, jakie kiedykolwiek mógłby zobaczyć człowiek. Tuż przy gigantycznie rozdętej, oślepiająco jasnej gwiazdzie czai się żarłoczna kulka „nicości”: czarna dziura, skrupulatnie ściągająca materię rozsiewaną przez swego lśniącego partnera. Spadające ku horyzontowi zdarzeń drobiny i cząstki formują płaski wir, którego część spływa ku osi rotacji czarnej dziury. Znad jej obu biegunów w przeciwnych kierunkach strzelają wąskie strugi materii. Skolimowane niewidocznymi szponami pól magnetycznych, niczym szpile gigantów wbijają się w otchłań kosmosu, urywając się na otaczający układ, ekspandującej powłóce materii – pozostałości po wybuchu supernowej. Witajcie w świecie mikrokwazara SS 433, w ostatnich miesiącach jednego z głównych obiektów zainteresowania obserwatorium High-Altitude Water Cherenkov Gamma-Ray Observatory (HAWC).

Najnowsze obserwacje SS 433 mają pionierski charakter. Po raz pierwszy w historii badań mikrokwazarów zarejestrowano promieniowanie gamma o tak dużych energiach, a uważana analiza danych doprowadziła do zaskakujących wniosków dotyczących miejsc i mechanizmów odpowiedzialnych za jego produkcję. Wyniki badań zostały właśnie zaprezentowane na łamach prestiżowego czasopisma naukowego „Nature”. Spektakularne osiągnięcie jest dziełem zespołu projektu HAWC, w którego skład wchodzi naukowcy ze Stanów Zjednoczonych, Meksyku, Polski i Niemiec. Stronę polską reprezentuje Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie.

Do najbardziej niezwykłych, a jednocześnie najjaśniejszych obiektów Wszechświata należą kwazary, aktywne jądra galaktyk. Siłą napędową kwazara jest znajdująca się w jego centrum supermasywna czarna dziura, otoczona dyskiem akrecyjnym uformowanym przez spadającą materię. Kwazary są źródłami ekstremalnie intensywnego promieniowania elektromagnetycznego, obejmującego niemal całe spektrum, od fal radiowych po wysokoenergetyczne promieniowanie gamma. Jako rodzaj galaktycznych jąder, kwazary z definicji są obiektami od nas odległymi. Najbliższy kwazar, napędzany parą szaleńczo wirujących wokół siebie supermasywnych czarnych dziur Markarian 231, gości w jądrze galaktyki oddalonej o 600 milionów lat świetlnych. Nie jest to dystans sprzyjający prowadzeniu wysokorozdzielczych obserwacji, ułatwiających zrozumienie natury zachodzących tu procesów.

Na szczęście w bogatym menu oferowanym nam przez Wszechświat znajdują się kwazary w miniaturze. To, co kwazar wyczynia w skali galaktyki, mikrokwazar robi w skali układu gwiazdowego. Czarne dziury Markariana 231 są gigantyczne: mniejsza ma masę 4 milionów mas Słońca, większa aż 150 milionów. Najbliższy nam mikrokwazar, znajdujący się w tle gwiazdozbioru Orła SS 433, jest układem podwójnym o radykalnie mniejszych rozmiarach. Znajduje się tu bardzo gęsty obiekt, prawdopodobnie czarna dziura o masie kilku słońc, będąca pozostałością po wybuchu supernowej. Pożera ona materię z dysku akrecyjnego zasilanego wiatrem gwiazdowym napływającym z pobliskiego nadolbrzyma o typie widmowym A (podobną gwiazdą, doskonale widoczną na nocnym niebie, jest Deneb, najjaśniejszy obiekt gwiazdozbioru Łabędzia). Całą tę malowniczą parę, wirującą wokół siebie w imponującym tempie 13 dni i otoczoną mgławicą W50, dzieli od Ziemi dystans zaledwie 18 tys. lat świetlnych.

„Zarówno kwazary, jak i mikrokwazary, mogą generować dżety, czyli bardzo wąskie i bardzo długie strugi materii, emitowane w obu kierunkach wzdłuż osi rotacji obiektu. Dżety są tworzone przez cząstki rozpędzone do prędkości nierzadko bliskich prędkości światła. Pod względem prędkości dżety z SS 433 nie są jednak specjalnie imponujące: osiągają zaledwie 26% prędkości światła. Ważniejsze jest coś innego”, mówi dr hab. Sabrina Casanova, prof. IFJ PAN, po czym precyzuje: „Większość obserwowanych kwazarów ma dżety mniej lub bardziej, ale jednak skierowane w naszą stronę. Taka orientacja utrudnia rozróżnienie szczegółów. Natomiast mikrokwazar SS 433 był na tyle uprzejmy, że skierował swoje dżety nie ku nam, a niemal prostopadle do kierunku, w którym patrzymy. Zatem nie dość, że mamy obiekt niemal 'pod ręką', to jeszcze jest on ustawiony optymalnie jeśli chodzi o obserwacje takich detali jak miejsca, gdzie powstaje promieniowanie”.

W naszej galaktyce SS 433 należy do elitarniej grupki zaledwie kilkunastu mikrokwazarów i jako jeden z nielicznych emituje promieniowanie gamma. Przez 1017 dni promieniowanie to było rejestrowane w obserwatorium HAWC, pracującym na wysokości ponad 4100 m n.p.m. na zboczu meksykańskiego wulkanu Sierra Negra. Zbudowany tu detektor składa się z 300 stalowych zbiorników z wodą, wyposażonych w fotopowielacze wrażliwe na ulotne błyski świetlne, znane jako promieniowania Czerenkowa. Pojawia się ono w zbiorniku, gdy wpadnie do niego cząstka poruszająca się z prędkością większą od prędkości światła w wodzie. Kluczowe znaczenie ma fakt, że część błysków pochodzi od cząstek wygenerowanych wskutek zderzeń wysokoenergetycznych kwantów gamma z ziemską atmosferą. Odpowiednia analiza błysków w zbiornikach pozwala zidentyfikować ich przyczynę. W ten sposób każdej doby HAWC pośrednio rejestruje fotony gamma o energiach od 100 gigaelektronowoltów (GeV) do 100 teraelektronowoltów (TeV). Są to energie nawet trylion razy większe od energii fotonów światła widzialnego i kilkunastokrotnie większe od energii protonów w akceleratorze LHC.

W trakcie obserwacji SS 433, prowadzonych na granicy możliwości rozdzielczych HAWC, naukowcom udało się zarejestrować fotony o energiach powyżej 25 TeV, tj. od 3 do 10 razy większych od raportowanych w całej historii badań mikrokwazarów. Ku zaskoczeniu badaczy, w zakresie wysokoenergetycznego promieniowania gamma najjaśniejszym obiektem w układzie wcale nie był sam SS 433, lecz znajdujące się po jego obu stronach miejsca, w których dżety urywają się zderzając z materią odrzuconą przez supernową.

„To nie koniec niespodzianek. Fotony gamma o energiach 25 TeV muszą być produkowane przez cząstki o jeszcze większych energiach. Mogłyby to być protony, ale wtedy musiałyby mieć ogromne energie, na poziomie 250 TeV. Ze zgromadzonych danych wynikało jednak, że ten mechanizm, nawet jeśli rzeczywiście działa, w przypadku SS 433 nie jest w stanie wygenerować odpowiedniej ilości promieniowania gamma”, tłumaczy dr Francisco Salesa Greus (IFJ PAN).

W trakcie dalszych prac dane z HAWC zestawiono z pomiarami SS 433 w pozostałych zakresach spektralnych z innych obserwatoriów. Ostatecznie udało się ustalić, że wysokoenergetyczne kwanty gamma – lub przynajmniej ich większość – muszą być emitowane przez elektrony w dziecie w trakcie ich zderzeń z wypełniającym cały kosmos niskoenergetycznym promieniowaniem mikrofalowym tła. Powyższy mechanizm, opisany tu po raz pierwszy, nie mógł być wykryty w obserwacjach kwazarów z dżetami skierowanymi ku Ziemi. Mikrokwazar SS 433 pomógł więc ujawnić nie tylko własne tajemnice, ale także tajemnice najjaśniejszych latarni Wszechświata.

Instytut Fizyki Jądrowej PAN (IFJ PAN) w Krakowie zajmuje się strukturą materii i własnościami oddziaływań fundamentalnych od skali kosmicznej po wnętrza cząstek elementarnych. Wyniki badań – obejmujących fizykę i astrofizykę cząstek, fizykę jądrową i oddziaływań silnych, fazy skondensowanej materii, fizykę medyczną, inżynierię nanomateriałów, geofizykę, biologię radiacyjną i środowiskową, radiochemię, dozymetrię oraz fizykę i ochronę środowiska – są każdego roku przedstawiane w ponad 600 artykułach publikowanych w recenzowanych czasopismach naukowych. Częścią Instytutu jest nowoczesne Centrum Cyklotronowe Bronowice, unikalny w skali europejskiej ośrodek obok badań naukowych zajmujący się terapią protonową nowotworów. IFJ PAN jest członkiem Krakowskiego Konsorcjum Naukowego „Materia-Energia-Przyszłość” o statusie Krajowego Naukowego Ośrodka Wiodącego (KNOW) na lata 2012-2017. Instytut zatrudnia ponad pół tysiąca pracowników. W klasyfikacji MNiSW Instytut został zaliczony do kategorii naukowej A+ w grupie nauk ścisłych i inżynierskich.

KONTAKT:

dr hab. **Sabrina Casanova**, prof. IFJ PAN
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk
tel.: +48 12 6628274
email: sabrina.casanova@ifj.edu.pl

dr **Francisco Salesa Greus**
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk
tel.: +48 12 6628268
email: francisco.salesa@ifj.edu.pl

PUBLIKACJE NAUKOWE:

1. „Very high energy particle acceleration powered by the jets of the microquasar SS 433”
A.U. Abeysekara et al.
Nature (2018)
DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0565-5>

POWIĄZANE STRONY WWW:

<http://www.hawc-observatory.org/>
Strona obserwatorium HAWC.

<http://www.ifj.edu.pl/>
Strona Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk.

<http://press.ifj.edu.pl/>
Serwis prasowy Instytutu Fizyki Jądrowej PAN.

MATERIAŁY GRAFICZNE:

IFJ181003b_fot01s.jpg

HR: http://press.ifj.edu.pl/news/2018/10/03/IFJ181003b_fot01.jpg

Źródła wysokoenergetycznego promieniowania gamma wokół mikrokwazara SS 433 otoczonego mgławicą W50. (Źródło: HAWC Observatory)

IFJ181003b_fot02s.jpg

HR: http://press.ifj.edu.pl/news/2018/10/03/IFJ181003b_fot02.jpg

Obserwatorium High-Altitude Water Cherenkov Gamma-Ray Observatory na zboczu meksykańskiego wulkanu Sierra Negra. (Źródło: HAWC Observatory, J. Goodman)