



Kraków, 17 października 2024

Bliski Ziemi mikrokwazar źródłem potężnego promieniowania

Współczesna astronomia tkwiła w przekonaniu, że strugi materii odpowiedzialne za istnienie elektromagnetycznego promieniowania kosmicznego o szczególnie dużych energiach są generowane tylko przez jądra aktywnych galaktyk odległych od Ziemi. Z właśnie upublicznionych danych z obserwatorium HAWC wyłania się inny obraz rzeczywistości: źródłami fotonów gamma o ekstremalnie wielkich energiach okazują się być również dzęty wybiegające z obiektów należących do naszego wewnątrzgalaktycznego „podwórka”.

Elektromagnetyczne promieniowanie kosmiczne o nadzwyczaj dużych energiach jest produkowane nie tylko przez aktywne jądra odległych galaktyk, ale także przez obiekty leżące wewnątrz Drogi Mlecznej, nazywane mikrokwazarami. To najnowsze ustalenie naukowców z międzynarodowego obserwatorium HAWC (High-Altitude Water Cherenkov Gamma-Ray Observatory) radykalnie zmienia dotychczasowe rozumienie mechanizmów odpowiedzialnych za powstawanie ultraenergetycznego promieniowania kosmicznego, a w praktyce oznacza rewolucję w jego dalszych badaniach.

Od momentu odkrycia promieniowania kosmicznego przez Victora Hessa w 1912 roku astronomowie sądzili, że wewnątrz naszej galaktyki fotony o szczególnie dużych energiach mogą być produkowane tylko przez pozostałości po wybuchach supernowych. Najnowsze wyniki z obserwatorium HAWC wskazują jednak na inne obiekty: mikrokwazary. W odkryciu kluczową rolę odegrali astrofizycy z Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie, współfinansowani z grantu Narodowego Centrum Nauki.

Obserwatorium HAWC wzniesiono na zboczu wulkanu Sierra Negra w Meksyku z myślą o rejestrowaniu napływających z kosmosu cząstek i fotonów o szczególnie dużych energiach. Instalacja 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. Zazwyczaj HAWC rejestruje fotony o energiach od dziesiątków gigaelektronowoltów do setek teraelektronowoltów (gamma). Są to energie nawet trylion razy większe od energii fotonów światła widzialnego i kilkunastokrotnie większe od energii protonów przyspieszanych w akceleratorze LHC.

Fotony o największych energiach na ogół pochodzą z kwazarów, czyli aktywnych jąder niektórych galaktyk. Znajdujące się w nich supermasywne czarne dziury (obiekty o ogromnych masach, liczonych w setkach milionów mas Słońca) przyspieszają i pochłaniają materię z otaczającego je dysku akrecyjnego. W trakcie tego procesu z okolic biegunów czarnej dziury, w obu kierunkach wzdłuż jej osi rotacji, są wystrzeliwane bardzo wąskie i bardzo długie strugi materii, nazywane dżetami. Poruszają się one z prędkościami nierzadko bliskimi prędkości światła, co skutkuje powstawaniem fal uderzeniowych – i to właśnie tam są produkowane fotony o ekstremalnie dużych energiach, dochodzących nawet do setek teraelektronowoltów.

Ulokowane w jądrach innych galaktyk, kwazary należą do obiektów od nas bardzo odległych: najbliższy (Markarian 231) jest oddalony od Ziemi o 600 milionów lat świetlnych. Sprawy mają się inaczej w przypadku obecnie odkrytych źródeł: mikrokwazarów. Są to kompaktowe układy podwójne, zbudowane z masywnej gwiazdy i pochłaniającej jej materię czarnej dziury, która emituje dżety o długościach rzędu setek lat świetlnych. Tylko w naszej galaktyce takich obiektów odkryto do tej pory kilkadziesiąt.

„Fotony emitowane przez mikrokwazary mają znacznie mniej energii niż te pochodzące z kwazarów. Zazwyczaj mówimy tu o wartościach rzędu dziesiątków gigaelektronowoltów. Tymczasem my w danych zarejestrowanych przez detektory obserwatorium HAWC zauważyliśmy coś wręcz nieprawdopodobnego: fotony pochodzące z mikrokwazara leżącego w naszej galaktyce, a mimo to niosące energie dziesiątki tysięcy razy większe od typowych!”, mówi dr hab. Sabrina Casanova (IFJ PAN), która wraz z dr Xiaojie Wang z Michigan Tech University i dr. Dezhi Huangiem z University of Maryland jako pierwsza zaobserwowała anomalię.

Źródłem fotonów o energiach przekraczających 200 teraelektronowoltów okazał się mikrokwazar V4641 Sagittarii. Leży on w tle gwiazdozbioru Strzelca, w odległości około 20 tysięcy lat świetlnych od Ziemi. Główną rolę odgrywa tu czarna dziura o masie około sześciu mas Słońca, ściągająca materię z gwiazdnego olbrzyma o masie trzykrotnie przekraczającej słoneczną. Obiekty krążą wokół wspólnego środka masy, obiegając się raz na niecałe trzy dni. Ciekawostką jest fakt, dżet emitowany przez układ V4641 Sag jest skierowany w stronę Układu Słonecznego. W tej konfiguracji ziemski obserwator ma relatywistycznie zaburzoną percepcję czasu materii znajdującej się na początku i na końcu dżetu: jego czoło zaczyna sprawiać wrażenie młodszego niż jest w rzeczywistości. W rezultacie dżet wydaje się propagować w kosmosie z prędkością nadświetlną, w omawianym przypadku aż dziewięciokrotnie większą od prędkości światła.

„Co istotne, mikrokwazar V4641 Sag okazuje się nie być wyjątkowy. Znany jest już drugi kandydat na źródło ekstremalnie energetycznych fotonów, mikrokwazar wykryty przez obserwatorium LHA-ASO. Wydaje się zatem prawdopodobne, że mikrokwazary wnoszą znaczący wkład do promieniowania kosmicznego o najwyższych energiach, powstającego w naszej galaktyce”, dodaje dr Casanova.

Najnowsze odkrycie ma znaczenie nie tylko dla naukowców zajmujących się promieniowaniem kosmicznym. Dowodzi ono, że w stosunkowo niewielkiej odległości od Ziemi muszą działać analogiczne mechanizmy powstawania dżetów i produkcji ultraenergetycznych fotonów jak w jądrach aktywnych, dalekich galaktyk, skalujące się adekwatnie do masy czarnej dziury. Procesy te w mikrokwazarach zachodzą w znacznie bardziej przyjaznej ludziom skali czasowej: w ciągu dni, nie setek tysięcy czy milionów lat. Co więcej, fotony wyemitowane przez mikrokwazary nie muszą przedzierać się przez miliony lat świetlnych kosmicznej próżni, gdzie mogą zostać rozproszone lub zaabsorbowane podczas oddziaływań z fotonami wszechobecnego promieniowania kosmicznego tła. Wszystko to oznacza, że astrofizycy po raz pierwszy zyskali możliwość prowadzenia kompleksowych i praktycznie niezaburzonych obserwacji procesów o kluczowym znaczeniu dla ewolucji galaktyk.

Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie prowadzi badania podstawowe i aplikacyjne w obszarze fizyki oraz nauk pokrewnych. Główna część działalności naukowej Instytutu koncentruje się na badaniu struktury materii, w tym własności oddziaływań fundamentalnych od skali kosmicznej po cząstki elementarne. Częścią Instytutu jest nowoczesne Centrum Cyklotronowe Bronowice, unikalny w skali europejskiej ośrodek, obok badań naukowych zajmujący się terapią protonową nowotworów. IFJ PAN prowadzi też cztery akredytowane laboratoria badawcze i pomiarowe. Wyniki badań – obejmujących fizykę i astrofizykę cząstek, fizykę jądrową i oddziaływań silnych, fizykę 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 wysoko punktowanych czasopismach naukowych. Corocznie Instytut jest organizatorem lub współorganizatorem wielu międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych oraz szeregu seminariów i innych spotkań naukowych. IFJ PAN jest członkiem Krakowskiego Konsorcjum Naukowego „Materia-Energia-Przyszłość”, któremu, na lata 2012-2017, nadany został status Krajowego Naukowego Ośrodka Wiodącego (KNOW). Wiele projektów i przedsięwzięć realizowanych przez Instytut jest wpisanych na Polską Mapę Infrastruktury Badawczej (PMIB). Instytut zatrudnia ponad pół tysiąca pracowników. Komisja Europejska przyznała IFJ PAN prestiżowe wyróżnienie „HR Excellence in Research” jako instytucji stosującej zasady „Europejskiej Karty Naukowca” i „Kodeksu Postępowania przy rekrutacji pracowników naukowych”. W kategoryzacji MEIN Instytut został zaliczony do najwyższej kategorii naukowej A+ w obszarze nauk fizycznych.

KONTAKT:

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

PUBLIKACJE NAUKOWE:

„Ultra-high-energy gamma-ray bubble around microquasar V4641 Sgr”
HAWC Collaboration
Nature 2024, 634, 557-560
DOI: [10.1038/s41586-024-07995-9](https://doi.org/10.1038/s41586-024-07995-9)

POWIĄZANE STRONY WWW:

<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:

IFJ241017b_fot01s.jpg

HR: http://press.ifj.edu.pl/news/2024/10/17/IFJ241017b_fot01.jpg

Źródła wysokoenergetycznego promieniowania kosmicznego w okolicach mikrokwazara V4641 Sag, po lewej o energiach powyżej teraelektronowolta, po prawej – setek teraelektronowoltów. Położenie mikrokwazara oznaczono żółtą kropką. (Źródło: IFJ PAN / HAWC)