



Kraków, 6 października 2023

Naukowcy odkryli promieniowanie gamma o rekordowej energii pochodzące z pulsara

Obserwatorium H.E.S.S. rejestruje fotony o energii 20 teraelektronowoltów z pulsara Vela

Naukowcy korzystający z obserwatorium H.E.S.S. w Namibii odkryli promieniowanie gamma o rekordowej energii pochodzące z martwej gwiazdy zwanej pulsarem. Energia fotonów tego promieniowania sięga 20 teraelektronowoltów, czyli mniej więcej dziesięć bilionów razy więcej niż energia fotonów światła widzialnego. Obserwacja ta jest trudna do pogodzenia z teorią powstawania promieniowania gamma wysokich energii w pulsarach, jak donosi międzynarodowy zespół w czasopiśmie Nature Astronomy.

Pulsary to pozostałości po gwiazdach, które spektakularnie eksplodowały jako supernowe. Wybuchy supernowych pozostawiają po sobie małą martwą gwiazdę o średnicy zaledwie około 20 kilometrów, bardzo szybko rotującą i obdarzoną ogromnym polem magnetycznym. *"Te martwe gwiazdy są prawie całkowicie zbudowane z neutronów i są nadzwyczaj gęste: tyżeczka ich materii ma masę ponad pięciu miliardów ton, około 900 razy większą niż masa Wielkiej Piramidy w Gizie"*, wyjaśnia naukowiec z H.E.S.S., dr Emma de Oña Wilhelmi, współautorka publikacji pracująca w ośrodku DESY w Niemczech.

Pulsary emitują obracające się wiązki promieniowania elektromagnetycznego, trochę jak kosmiczne latarnie morskie. Jeśli ich wiązka omiata Układ Słoneczny, obserwujemy błyski promieniowania w regularnych odstępach czasu. Te błyski, nazywane też pulsami promieniowania, mogą występować w różnych zakresach energii widma elektromagnetycznego. Naukowcy uważają, że źródłem tego promieniowania są szybkie elektrony, powstające i przyspieszane w magnetosferze pulsara w trakcie podróży ku jej peryferiom. Magnetosfera składa się z plazmy i pól elektromagnetycznych otaczających gwiazdę i obracających się razem z nią. *"Podczas swojej podróży na zewnątrz elektrony zyskują energię i uwalniają ją w postaci obserwowanych wiązek promieniowania"*, wyjaśnia prof. Bronisław Rudak z Centrum Astronomicznego im. Mikołaja Kopernika (CAMK PAN) w Polsce, także współautor publikacji.

Pulsar Vela, znajdujący się na południowym niebie w gwiazdozbiornie Żagla, jest najjaśniejszym pulsarem w paśmie radiowym widma elektromagnetycznego i najjaśniejszym stałym źródłem kosmicznego promieniowania gamma w zakresie gigaelektronowoltów (GeV). Obraca się około jedenastu razy na sekundę. W zakresie energii powyżej kilku GeV jego promieniowanie nagle zanika, prawdopodobnie dlatego, że elektrony docierają do końca magnetosfery pulsara i z niej uciekają.

To nie koniec historii. Dzięki długotrwałym obserwacjom z użyciem teleskopów H.E.S.S. odkryto teraz nowy składnik promieniowania w zakresie jeszcze wyższych energii, sięgających

kilkudziesięciu teraelektronowoltów (TeV). *"To jest promieniowanie około 200 razy bardziej energetyczne niż jakiegokolwiek wcześniej zarejestrowane z tego obiektu"*, mówi współautor prof. Christo Venter z Uniwersytetu Północno-Zachodniego w Republice Południowej Afryki. Ten bardzo wysokoenergetyczny składnik promieniowania pojawia się w tych samych fazach co składnik obserwowany w zakresie GeV. Jednakże, aby osiągnąć tak wysokie energie, elektrony muszą podróżować poza granicę magnetosfery, a fazy pulsów powinny pozostać nienaruszone.

"Ten wynik kwestionuje naszą wcześniejszą wiedzę na temat pulsarów i wymaga ponownego przemyślenia, jak działają te naturalne akceleratory", mówi dr Arache Djannati-Ataï z laboratorium Astrocząstek i Kosmologii (APC) we Francji, który kierował badaniami. *"Tradycyjny schemat, według którego cząstki są przyspieszane wzdłuż linii pola magnetycznego wewnątrz lub nieco na zewnątrz magnetosfery, nie jest w stanie poprawnie wyjaśnić naszych obserwacji. Być może obserwujemy przyspieszanie cząstek poprzez tzw. proces rekoneksji magnetycznej poza cylindrem świetlnym, który w jakiś sposób zachowuje wzór rotacji. Ale nawet ten scenariusz napotyka trudności w wyjaśnieniu, jak powstaje promieniowanie o tak ekstremalnej energii"*.

Bez względu na wyjaśnienie, Vela, obok innych swoich wyjątkowych własności, oficjalnie stała się pulsarem o najwyższej odkrytej do tej pory energii promieniowania gamma. *"To odkrycie otwiera nowe okno obserwacyjne do wykrywania innych pulsarów w zakresie kilkudziesięciu teraelektronowoltów za pomocą obecnych i przyszłych, bardziej czułych teleskopów gamma, torując drogę do lepszego zrozumienia procesów ekstremalnego przyspieszania cząstek w obiektach astrofizycznych o silnym polu magnetycznym"*, podkreśla dr Arache Djannati-Ataï.

Obserwatorium H.E.S.S. (High Energy Stereoscopic System) to sieć pięciu teleskopów Czerenkowa do obserwacji kosmicznego promieniowania gamma. Obserwatorium działa w ramach współpracy międzynarodowej. Teleskopy znajdują się w Namibii, niedaleko góry Gamsberg, w regionie znanym z doskonałych warunków do obserwacji astronomicznych. Cztery teleskopy H.E.S.S. zaczęły działać w latach 2002/2003, a znacznie większy piąty teleskop - H.E.S.S. II - od lipca 2012 roku. Dodanie piątego teleskopu, rozszerzyło zakres energetyczny rejestrowanego promieniowania w kierunku niższych energii oraz zwiększyło czułość sieci. W badaniach H.E.S.S. uczestniczy ponad 230 naukowców z 41 instytucji w 15 różnych krajach.

W skład zespołu H.E.S.S. wchodzi uczeni z pięciu polskich instytucji: Centrum Astronomicznego im. M. Kopernika PAN w Warszawie, Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, Instytutu Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego PAN w Krakowie, Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Warszawskiego oraz Instytutu Astronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. Rolę krajowego koordynatora projektu pełni prof. dr hab. Rafał Moderski z Centrum Astronomicznego im. M. Kopernika PAN. W IFJ PAN w projekcie H.E.S.S. biorą udział dr hab. Sabrina Casanova, prof. dr hab. Jacek Niemiec oraz dr hab. Alicja Wiercholska.

Udział polskich naukowców w projekcie H.E.S.S. dofinansowano z programu Ministra Edukacji i Nauki "Wsparcie udziału polskich zespołów naukowych w międzynarodowych projektach infrastruktury badawczej" na podstawie umowy nr 2021/WK/06.

Publikacja:

"Discovery of a Radiation Component from the Vela Pulsar Reaching 20 Teraelectronvolts",

The H.E.S.S. collaboration; Nature Astronomy, 2023;

DOI: [10.1038/s41550-023-02052-3](https://doi.org/10.1038/s41550-023-02052-3)

Publiczny link dostępu do pełnej wersji online artykułu: <https://rdcu.be/dnO0T>

Link do materiału popularnonaukowego na youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=bPZkSDBtQms>

Kontakty naukowe:

- Dr. Arache Djannati-Ataï, Astroparticle & Cosmology (APC) lab, Paris, France, + 33 1 57 27 61 59, djannati@in2p3.fr
- Dr. Emma de Oña Wilhelmi, DESY, Zeuthen, Germany, +49 33762 7 7483, Emma.de.ona-wilhelmi@desy.de
- Prof. Bronisław Rudak, Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika PAN (CAMK PAN), Warszawa, +48 510814061, bronek@ncac.torun.pl
- Prof. Christo Venter, North-West University (NWU), Potchefstroom, South Africa, +27 18 299 2423 Christo.Venter@nwu.ac.za

Materiały graficzne:

IFJ231006b_fot01s.jpg

HR: http://press.ifj.edu.pl/news/2023/10/06/IFJ231006b_fot01.jpg

Artystyczna wizja pulsara Vela, widocznego w środku, oraz jego magnitosfery, której obwód jest widoczny jako jasny krąg. Niebieskie ślady wychodzące na zewnątrz ilustrują trajektorie przyspieszonych cząstek. Generują one promieniowanie gamma wzdłuż ramion wirującej spirali poprzez kolizje z fotonami podczerwonymi emitowanymi w magnitosferze (na czerwono).

(Źródło: Science Communication Lab dla DESY).