



Kraków, 18 marca 2021

## **HAWC: Czy fotony o ekstremalnych energiach pochodzą z największego akceleratora Galaktyki?**

*W bezmiarze naszej galaktyki astrofizycy od lat tropią pevatrony, naturalne akceleratory cząstek o monstrualnych energiach. Dzięki obserwatorium promieniowania kosmicznego HAWC właśnie natrafiono na kolejny prawdopodobny ślad ich istnienia: fotony o jednych z najwyższych energiach. Szczególnie istotny jest jednak fakt, że tym razem wysokoenergetyczne fotony udało się nie tylko zarejestrować, ale i ustalić prawdopodobne miejsce ich pochodzenia.*

Wiemy, że istnieją, nie wiemy, gdzie dokładnie się znajdują i jak wyglądają. Pevatrony – bo o nich tu mowa – to największe naturalne akceleratory cząstek w naszej galaktyce, zdolne przyspieszać protony i elektrony do energii nawet biliary razy większej od energii fotonów światła widzialnego. Problem z wykryciem pevatronów wynika z faktu, że przyspieszane przez nie cząstki niosą ładunek elektryczny, są więc odchylane przez pola magnetyczne w galaktyce. Odkrycie, którego właśnie dokonano dzięki danym zebranych przez obserwatorium HAWC (High-Altitude Water Cherenkov Gamma-Ray Observatory), w istotnym stopniu przybliżyło nas do znalezienia pierwszego kosmicznego pevatronu i zrozumienia jego natury.

Obserwatorium HAWC znajduje się na zboczu wulkanu Sierra Negra w Meksyku, na wysokości 4100 m n.p.m. Składa się z 300 zbiorników z wodą, z których każdy jest otoczony czułymi fotopowielaczami. Gdy do wnętrza jakiegoś zbiornika wpada cząstka wtórnego promieniowania kosmicznego poruszająca się z prędkością większą od prędkości światła w wodzie, pojawia się elektromagnetyczny „grzmot” – słaby błysk promieniowania (Czerenkowa), wykrywany i wzmacniany przez fotopowielacze. Uważna analiza błysków zaobserwowanych w tym samym czasie w poszczególnych zbiornikach pozwala wydobyć informację o rodzaju, energii i kierunku cząstki pierwotnego promieniowania kosmicznego, która zainicjowała zarejestrowaną kaskadę cząstek wtórnych.

*„Na podstawie danych zebranych przez HAWC udało się nam ustalić źródło fotonów o energiach około 200 teraelektronowoltów. Jak na fotony to wartość wręcz ekstremalna, sto bilionów razy większa od energii typowej dla fotonów dostrzeganych przez nasze oczy”,* mówi dr hab. Sabrina Casanova z Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie. Razem z dr. Francisco Salesa Greusem (IFJ PAN & IFIC) i doktorantem Dezhim Huangiem z Michigan Technological University w Houghton (USA), jest ona jednym z głównych autorów analizy opublikowanej na łamach znakomitego czasopisma astronomicznego „*The Astrophysical Journal Letters*”.

W stosunku do protonów i elektronów, fotony mają przyjemną cechę: ignorują pola magnetyczne i biegną do celu po najkrótszej drodze, na jaką pozwala czasoprzestrzeń. Zatem gdy w obrębie galaktyki zidentyfikuje się kierunek, z którego nadlatują fotony, zwykle można ustalić ich źródło. Nie jest to zadanie łatwe, lecz w tym przypadku się udało. Źródłem fotonów 200 TeV okazały się okolice niedawno odkrytego pulsara eHWC J1825-134, widocznego na półkuli południowej w tle gwiazdozbioru Żagla, a leżącego w odległości około 13 tysięcy lat świetlnych od Ziemi.

Obserwacje tak wysokoenergetycznych fotonów zdarzają się rzadko, jeszcze rzadziej udaje się ustalić źródło. Rekord należy obecnie do fotonów o energii 450 TeV, wykrytych za pomocą chińsko-

japońskiego detektora ASgamma w Tybecie. W tamtym przypadku fotony nadlatywały z okolicy pulsara w słynnej mgławicy Krab w tle gwiazdozbioru Byka.

*„Obecnie znamy dwa mechanizmy mogące tłumaczyć istnienie fotonów o energiach 200 TeV i większych”, tłumaczy dr Salesa Greus, po czym precyzuje: „Zgodnie z pierwszym, źródłem tak energetycznych fotonów mogłyby być elektrony o nieco większych energiach, emitowane przez pozostałości supernowych czy pulsary i następnie oddziałujące z wypełniającym Wszechświat mikrofalowym promieniowaniem tła. Ten przypadek wydaje się pasować do mgławicy Krab. Drugi wariant przebiegu wydarzeń zakłada, że fotony rodzą się wskutek oddziaływania protonów wyemitowanych przez pulsar z materią w przestrzeni międzygwiazdowej. Co szczególnie interesujące, w tym scenariuszu energie protonów muszą być przynajmniej rząd wielkości większe od energii obserwowanych fotonów!”.*

Rejon pulsara eHWC J1825-134 to złożona struktura astronomiczna, w jej obrębie znajduje się kilka źródeł wysokoenergetycznego promieniowania gamma. Badaczom z HAWC udało się ustalić, że miejscem pochodzenia fotonów o energii 200 TeV nie był sam pulsar, lecz nieznane wcześniej źródło: leżący w pobliżu obłok materii międzygwiazdowej. Otacza on młodą, liczącą mniej więcej milion lat gromadę gwiazd, oznaczoną jako [BDS2003] 8. Zaobserwowane fotony mogły więc być wyemitowane przez protony pochodzące z pulsara eHWC J1825-134, które w obrębie gromady gwiazdowej [BDS2003] 8 miały dostatecznie dużo czasu, by rozpędzić się w tutejszych polach magnetycznych do energii rzędu kilku petaelektronowoltów i w interakcjach z materią obłoku wyprodukować odpowiednio energetyczne fotony. Jeśli ten wariant przebiegu wydarzeń zostanie potwierdzony w kolejnych obserwacjach, mielibyśmy do czynienia z największym pevatronem zidentyfikowanym w naszej galaktyce.

*„Na razie mamy zbyt mało danych, by jednoznacznie rozstrzygnąć o naturze kosmicznego akceleratora odpowiedzialnego za powstawanie fotonów 200 TeV w rejonie eHWC J1825-134. Jeśli jednak gdzieś kryje się jakiś galaktyczny pevatron, nam udało się znaleźć naprawdę wymienitego kandydata”,* zauważa dr Casanova.

Badania naukowców z IFJ PAN sfinansowano z grantu Narodowego Centrum Nauki.

**KOREKTA:** Astronomiczna natura obiektu eHWC J1825-134 nie jest precyzyjnie ustalona.

*Institut 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 MNiSW Instytut został zaliczony do najwyższej kategorii naukowej A+ w grupie nauk ścisłych i inżynierskich.*

#### KONTAKT:

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

dr **Francisco Salesa Greus**  
Instituto de Fisica Corpuscular, Universitat de Valencia; Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk  
email: [sagreus@ific.uv.es](mailto:sagreus@ific.uv.es); [francisco.salesa@ifj.edu.pl](mailto:francisco.salesa@ifj.edu.pl)

**PUBLIKACJE NAUKOWE:**

„Evidence of 200 TeV Photons from HAWC J1825-134”  
A. Albert et al.  
The Astrophysical Journal Letters, 907, 2, 2021  
DOI: <https://doi.org/10.3847/2041-8213/abd77b>

**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:**

IFJ210318b\_fot01s.jpg

HR: [http://press.ifj.edu.pl/news/2021/03/18/IFJ210318b\\_fot01.jpg](http://press.ifj.edu.pl/news/2021/03/18/IFJ210318b_fot01.jpg)

Fotony o energii 200 teraelektronowoltów najprawdopodobniej są emitowane przez protony zderzające się z materią międzygwiazdową. Pierwotnym źródłem protonów jest pulsar HAWC J1825-134 (w pomarańczowym kółku), rolę właściwego akceleratora pełni gromada gwiazd [BDS2003] 8 (kolor granatowy). (Źródło: HAWC)