



Kraków, 12 marca 2025

Kosmiczny kameleon wymyka się klasyfikacji

Blazary to galaktyki aktywne, emitujące ze swoich centrów wąskie strugi zjonizowanej materii wycelowane w kierunku Ziemi. W zależności od własności promieniowania elektromagnetycznego emitowanego przez dżety, astronomowie dzielą takie obiekty na różne, jednoznacznie określone klasy. Jednak z blazarem BL Lacertae, znajdującym się w tle gwiazdozbioru Jaszczurka, sprawy okazały się nie wyglądać tak prosto.

Odległy kosmos znów zaskoczył badaczy. Dotychczas się wydawało, że blazary – galaktyki aktywne emitujące w naszą stronę strugi materii – można podzielić na dość wyraźne grupy w zależności od generowanego przez nie promieniowania elektromagnetycznego. Klarowna sytuacja właśnie mocno się skomplikowała. Na łamach prestiżowego czasopisma astronomicznego „Astronomy & Astrophysics” polsko-niemiecki zespół naukowców z Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie oraz Uniwersytetu w Heidelbergu (HU) omówił niedawne obserwacje blazara, który z nieznanymi powodami wymyka się obecnej klasyfikacji.

Obiekt dziś znany jako BL Lacertae został odkryty w 1929 roku w tle gwiazdozbioru Jaszczurka. Początkowo astronomowie uznali go za jedną z wielu gwiazd zmiennych naszej galaktyki. Późniejsze obserwacje doprowadziły jednak do zaskakującego odkrycia: coś, co wyglądało jak gwiazda, w rzeczywistości okazało się leżeć w odległości aż 900 milionów lat świetlnych – a zatem gwiazdą z pewnością być nie mogło.

Spośród setek miliardów galaktyk widocznych w obrębie obserwowalnego Wszechświata część to galaktyki aktywne. Mianem tym określa się te galaktyki, których jądra emitują duże ilości promieniowania elektromagnetycznego, prawdopodobnie wskutek złożonych procesów zachodzących w trakcie opadania materii na centralną, supermasywną czarną dziurę. U części galaktyk spektakularnym przejawem aktywności są dżety, czyli wąskie strugi zjonizowanej materii, wyrzucane z okolic biegunów czarnej dziury na gigantyczne odległości, w ekstremalnych przypadkach przekraczające nawet milion lat świetlnych. Jeśli dżet biegnie ku Ziemi, astronomowie nazywają wytwarzającą go galaktykę blazarem. Właśnie takim obiektem okazał się BL Lacertae.

„Blazary są interesujące z wielu powodów, choćby dlatego, że orientacja dżetu oraz ogromne prędkości jego cząstek, zbliżone do prędkości światła, prowadzą do rozmaitych efektów opisanych teorią względności. Emisja z blazarów jest obserwowana na różnych długościach fal elektromagnetycznych, począwszy od promieniowania radiowego do promieniowania gamma o najwyższych energiach”, wyjaśnia dr hab. Alicja Wiercholska (IFJ PAN) i precyzuje: „My skoncentrowaliśmy się na analizach energii promieniowania elektromagnetycznego emitowanego przez jeden z najwcześniejszych odkrytych blazarów: BL Lacertae. Dlaczego zajęliśmy się akurat nim? Z uwagi na jego aktywność w ostatnich latach oraz pewne interesujące cechy emitowanego przez niego promieniowania, które zauważyliśmy jeszcze w trakcie wcześniejszych sesji obserwacyjnych”.

Raportowane obserwacje dotyczyły lat 2020-2023. Zrealizowano je na orbicie wokółziemskiej za pomocą instrumentów amerykańskiego satelity Neil Gehrels Swift Observatory; tylko w zakresie twardego promieniowania rentgenowskiego uzupełniono je danymi z kosmicznego teleskopu NuSTAR. Oprócz zakresu rentgenowskiego, najbardziej interesującego dla polsko-niemieckich bada-

czy, zarejestrowano także część optyczną i ultrafioletową widma. Promieniowanie elektromagnetyczne wytwarzane przez blazary rozciąga się bowiem od części radiowej przez optyczną, ultrafioletową i rentgenowską po promieniowanie gamma o wielkich energiach.

Blazary są dzielone na kwazary radiowe oraz lacertydy, które charakteryzują się słabszymi liniami emisyjnymi, a których nazwa wywodzi się właśnie od blazara BL Lacertae. W obrębie lacertyd możliwy jest dalszy podział. Wykresy przedstawiające całe spektrum energetyczne blazarów przypominają bowiem stożki wulkaniczne: mają dwie „górkę” rozdzielone łukowatym zagłębieniem. Jeśli spektralny „wulkan” jest przesunięty w stronę wysokoenergetyczną, lacertydę klasyfikuje się jako HBL (High-frequency peaked BL Lac), jeśli w stronę niskoenergetyczną – jako LBL (Low-frequency peaked BL Lac), natomiast obiekty z przesunięciem pośrednim są określane jako IBL (Intermediate BL Lac).

„Lacertydy dają się dość jednoznacznie przyporządkować do określonego typu. Blazar BL Lacertae był dotychczas uważany za przedstawiciela klasy pośredniej, czyli IBL. Z niemałym zdziwieniem zauważyliśmy więc, że w zakresie rentgenowskim w jednych fazach okresu obserwacyjnego wyglądał jak HBL, w innych jak LBL, by kiedy indziej 'grzecznie' sprawić wrażenie obiektu typu IBL. Jakby tego było mało, zmiany typu zachodziły bardzo szybko. To niezwykle zachowanie, którego podstaw fizycznych na razie nie potrafimy wyjaśnić”, mówi dr Wierzcholska i podkreśla, że zaskoczeń było więcej: zarejestrowana aktywność rentgenowska blazara okazała się rekordowa w całej historii jego obserwacji.

Obecnie zakłada się, że za istnienie dwóch „garbów” w widmach blazarów odpowiadają odrębne zjawiska fizyczne zachodzące z udziałem różnych populacji cząstek w dziecie. Wielu astrofizyków zgadza się z przypuszczeniem, że „górkę” niskoenergetyczna ma związek z elektronami i emitowanym przez nie promieniowaniem synchrotronowym. Zgodności opinii nie ma w przypadku drugiej „górkę”. Być może ona także jest konsekwencją zachowań elektronów, na przykład ich zderzeniami z fotonami o niskich energiach, co skutkowałoby zwiększaniem energii fotonów (to tzw. odwrotne rozpraszanie Comptonowskie). Przedstawiane są jednak i inne hipotezy, na przykład angażujące hadrony (czyli takie zlepki kwarków jak protony czy neutrony). Lecz aby wytłumaczyć zachowanie blazara BL Lacertae należałoby wskazać coś więcej: nie tylko procesy fizyczne odpowiedzialne za powstawanie obu „górek”, ale przede wszystkim mechanizm odpowiedzialny za ich szybkie przełączanie. Można zaryzykować stwierdzenie, że nim to się stanie, niejednego astrofizyka-teoretyka spędzi niejedną bezsenność.

Część obliczeniową badań zrealizowano dzięki Akademickiemu Centrum Komputerowemu Cyfronet AGH. Prace po stronie polskiej sfinansowano z grantu Narodowej Agencji Wymiany Akademickiej.

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 klasyfikacji MEiN Instytut został zaliczony do najwyższej kategorii naukowej A+ w obszarze nauk fizycznych.

KONTAKT:

dr hab. **Alicja Wierzcholska**
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk
tel.: +48 12 6628274
email: alicia.wierzcholska@ifj.edu.pl

PUBLIKACJE NAUKOWE:

„*Exceptional X-ray activity in BL Lacertae*”
A. Wierzholska, S. Wagner
Astronomy & Astrophysics 2025, 693, A299
DOI: [10.1051/0004-6361/202451349](https://doi.org/10.1051/0004-6361/202451349)

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:

IFJ250312b_fot01s.jpg **HR:** http://press.ifj.edu.pl/news/2025/03/12/IFJ250312b_fot01.jpg
Blazar BL Lacertae to aktywna galaktyka, emitująca z jądra strugę materii skierowaną niemal dokładnie ku Ziemi (grafika artystyczna). (Źródło: NASA/JPL-Caltech)