

# Kosmiczna linijka

## 9. Galaktyka aktywna M87. Odległość 16 Mpc (4 Mpc na linijce)

Galaktyka o numerze 87 z katalogu Messiera, czyli M87, jest najjaśniejszą, a zarazem centralną galaktyką w gromadzie galaktyk Virgo, widocznej w gwiazdozbiornie Panny. Nasz Układ Lokalny też należy do tej gromady galaktyk, ale znajduje się na jej dalekich peryferiach, więc światło od tej galaktyki biegnie do nas aż 55 milionów lat.

M87 jest ogromną galaktyką eliptyczną i zawiera znaczną liczbę gromad kulistych: jest ich ponad 12 tysięcy (dla porównania: w Drodze Mlecznej mamy ich 100 razy mniej).

W 1918 roku amerykański astronom Heber Curtis zauważył, że z jądra galaktyki M87 emitowany jest zagadkowy promień świetlny, będący, jak się okazało, strugą świecącego gazu. Strugi takie, wyrzucane przez jądra galaktyk (a także przez inne obiekty kosmiczne, na przykład, układy podwójne gwiazd zawierające czarną dziurę, tzw. mikrokwazary), nazywane są dżetami. Dżet w M87 świeci w zakresie rentgenowskim, optycznym i radiowym, obserwacje zaś z Teleskopu Hubble'a pokazały jego pozornie nadświetlną prędkość (jest to efekt czysto geometryczny, wynikający z tego, że obserwator widzi jedynie rzut prostopadły źródła światła, które porusza się na niebie z liniową prędkością bardzo bliską  $c$ , ale nie większą). Ostatnio obserwacje wykonane przez teleskop Czerenkowa HESS pokazały, że dżet w M87 jest również źródłem silnej emisji fotonów o energiach rzędu TeV.

Mechanizm wyrzucania dżetu z okolicy jądra galaktyki nie został jeszcze do końca zbadany i stanowi obecnie przedmiot żywego zainteresowania astronomów. Bez wątplenia, bardzo ważne jest to, że galaktyka M87 zawiera w swoim centrum olbrzymią czarną dziurę, której masa szacowana jest na  $3,4 \cdot 10^9$  mas Słońca. Czarna dziura pochłania ze swojego otoczenia materię, która, jeśli ma odpowiednio dużo momentu pędu, to spiraluje do centrum po coraz ciasniejszych orbitach. Tworzy się wówczas dysk akrecyjny, który kosztem energii grawitacyjnej nagrzewa się do temperatur rzędu milionów stopni Kelwina, a jego promieniowanie

przyciemia światło otaczających gwiazd i jest objawem aktywności centrum galaktyki. Pierwsze galaktyki aktywne zostały odkryte na początku lat 40. XX wieku przez Karla Seyferta i sklasyfikowane na podstawie obserwacji ich niezwykle silnych linii emisyjnych.

Obserwacje rentgenowskie galaktyki M87 i jej otoczenia w macierzystej gromadzie, wykonane przez satelitę Chandra, pokazały istnienie włóknistych struktur i pierścieni, które mogą być śladami jej wcześniejszych epizodów aktywności (jak fale na wodzie).

Galaktyka aktywna M87, podobnie jak Centrum Drogi Mlecznej Sgr A\*, świeci znacznie poniżej jasności Eddingtona (jest to graniczna jasność, przy której siła związana z ciśnieniem promieniowania równoważy przyciąganie grawitacyjne na powierzchni gwiazdy, czy też, analogicznie, na powierzchni dysku akrecyjnego). Jasność Eddingtona jest proporcjonalna do masy centralnej i w przypadku M87 można ją oszacować na  $4,25 \cdot 10^{47}$  erg/s, obserwowana zaś jasność galaktyki jest oceniana na ułamek procenta jasności eddingtonowskiej.

Pomimo tego podobieństwa czarna dziura w M87 nie jest uszpona, tak jak ta w Sgr A\*, lecz produkuje potężny dżet. Coś się więc za tym kryje: być może czarna dziura w M87 bardzo szybko się obraca i energia czerpana z jej rotacji służy do zasilania dżetu? W odpowiedzi na to pytanie pomogą planowane obecnie obserwacje radiowe bezpośrednich okolic czarnej dziury w M87, możliwe dzięki interferometrii wielkobazowej (VLBI). Dzięki temu, że masa czarnej dziury w M87 jest duża, to nawet przy odległości 16 Mpc powierzchnia jej horyzontu widziana z Ziemi wynosi aż 22 mikrosekundy łuku. Jest to jedynie 2,5 raza mniej niż powierzchnia horyzontu czarnej dziury w Sgr A\*, która, choć jest dużo bliżej, to jest też mniej masywna (promień horyzontu skaluje się proporcjonalnie do masy). Porównanie dostatecznie dokładnych obrazów posłuży do sprawdzenia, dlaczego w okolicy jednej z tych czarnych dziur powstaje dżet, a w drugiej nie.

Bożena CZERNY, Agnieszka JANIUK

**Rozwiązanie zagadki z Iko.** Weźmy  $w$  takie, że  $w^2 \geq n$ . Wtedy kolejno:

$$\begin{aligned} \left(\frac{w}{w-1}\right)^w &= \left(1 + \frac{1}{w-1}\right)^w \geq 1 + \frac{w}{w-1} > 2, \\ \left(\frac{1}{2}\right)^k &> \left(\left(\frac{w-1}{w}\right)^w\right)^k = \left(\left(1 - \frac{1}{w}\right)^k\right)^w \geq \left(1 - \frac{k}{w}\right)^w = \\ &= \left(1 - \frac{wk}{w^2}\right)^w \geq \left(1 - \frac{wk}{n}\right)^w = \left(\frac{n-wk}{n}\right)^w. \end{aligned}$$

Po drodze dwukrotnie skorzystaliśmy z nierówności Bernoulliego. Prawdopodobieństwo, że wśród  $10w$  słów nie ma kolizji przy  $f$ , wynosi:

$$P = \frac{\prod_{i=0}^{10w-1} (n-i)}{n^{10w}} = \prod_{i=0}^9 \frac{\prod_{j=0}^{w-1} (n-iw-j)}{n^w} < \prod_{i=0}^9 \frac{(n-iw)^w}{n^w} < \prod_{i=0}^9 \left(\frac{1}{2}\right)^i = 2^{-45}.$$

Stąd, z ogromnym prawdopodobieństwem wśród  $10\lceil\sqrt{n}\rceil$  słów występuje żądana kolizja.

