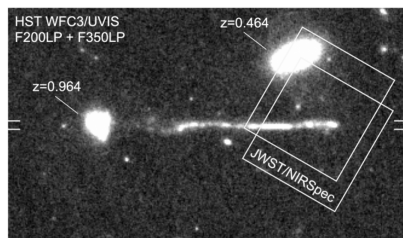
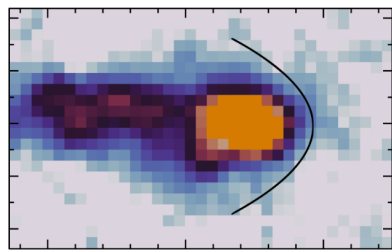




Czytelnik zaznajomiony z astronomią już się pewnie domyśla, że „uciekające czarne dziury” (ang. *runaway black holes*) to jak najbardziej poprawny termin naukowy.



Rys. 1. Intrygująca pozioma linia widoczna na tym zdjęciu to ślad przejścia uciekającej czarnej dziury, która w momencie obserwacji znajduje się na końcu tej struktury po prawej stronie. Domniemana galaktyka macierzysta czarnej dziury jest widoczna po lewej stronie. Obszar obserwowany za pomocą Kosmicznego Teleskopu Jamesa Webba, który potwierdził odkrycie, został zaznaczony na żółto



Rys. 2. Zbliżenie na czoło fali uderzeniowej wytworzonej przez poruszającą się czarną dziurę

Podobny efekt procy grawitacyjnej wykorzystujemy, wysyłając rakietę w przestrzeń kosmiczną, o czym piszemy w Δ_{14}^7 .

Więcej o odrzucie grawitacyjnym i innych przewidywaniach ogólnej teorii względności związanych ze zlewaniem się czarnych dziur pisał Szymon Charzyński w Δ_{15}^{12} . Kiedy powstawał tamten tekst, wyniki symulacji wskazywały na możliwość zajścia takiego procesu, w wyniku którego czarna dziura powstała z połączenia dwóch czarnych dziur dozna odrzutu z prędkością przekraczającą prędkość ucieczki z galaktyki. Wtedy były to czysto teoretyczne przewidywania. Opisywane tu odkrycie jest kolejnym spektakularnym przykładem obserwacyjnego potwierdzenia przewidywań ogólnej teorii względności.

Napisane na podstawie artykułu: van Dokkum et al. (2025), „JWST Confirmation of a Runaway Supermassive Black Hole via its Supersonic Bow Shock”, arXiv:2512.04166. Prezentowane zdjęcia również pochodzą z tego artykułu.

Supermasywne czarne dziury zazwyczaj spokojnie egzystują w centrach galaktyk, pochłaniając okoliczną materię. Jednak bohaterka tego artykułu zdecydowała, że to zbyt nudne zajęcie i porzuciła swoją macierzystą galaktykę. Uciekiniarka ma masę milionów Słońc i nie ogląda się za siebie. Pędzi przez Wszechświat z prędkością 3 milionów kilometrów na godzinę, poprzedza ją ogromna fala uderzeniowa, a na drodze jej przejścia... tworzą się gwiazdy!

Istnienie uciekających supermasywnych czarnych dziur było przewidywane przez astronomów już od dawna jako możliwa naturalna konsekwencja zderzeń i łączenia się galaktyk. Jednak ze względu na swoją naturę czarne dziury są niezwykle trudne do obserwacji. Najczęściej znajdujemy je w wyniku wpływu, jaki wywierają na otoczenie. I tym razem nie było inaczej. W 2023 roku Kosmiczny Teleskop Hubble’a zaobserwował dziwną poziomą strukturę, która mogła być śladem przejścia uciekającej czarnej dziury (rys. 1). Dzięki obserwacjom Kosmicznego Teleskopu Jamesa Webba w 2025 roku naukowcy potwierdzili te przypuszczenia.

Zaobserwowana uciekająca czarna dziura porusza się przez wypełniający przestrzeń rozrzedzony gaz z naddźwiękową prędkością, tworząc przed sobą falę uderzeniową, podobną do tej, jaką wytwarza lecący odrzutowiec (rys. 2).

Z drugiej strony po jej przejściu pozostaje cienki (w skali kosmicznej) ślad rozgrzanego gazu, który z biegiem czasu stygnie i zagęszcza się na tyle, że zaczynają tworzyć się w nim gwiazdy. Uciekająca czarna dziura pozostawia więc po sobie „ogon” nowych gwiazd. Na podstawie ilości światła emitowanego przez całą tę strukturę naukowcy szacują, że zawiera ona gwiazdy o łącznej masie aż 200 milionów mas Słońca!

Sposoby ucieczki

Ale jak czarna dziura została „wystrzelona” z galaktyki? Sposoby mogą być dwa. Pierwszy z nich to tzw. efekt procy grawitacyjnej, powstający w wyniku oddziaływania grawitacyjnego kilku obiektów. Nasza uciekiniarka mogła być częścią układu kilku orbitujących wokół siebie czarnych dziur. Delikatna równowaga systemu mogła zostać zaburzona, co spowodowało wystrzelenie czarnej dziury jak z procy.

Drugi mechanizm ma związek z falami grawitacyjnymi. Gdy dwie czarne dziury zderzają się, tworzą masywniejszą czarną dziurę i emitowana jest fala grawitacyjna rozchodząca się w przestrzeni kosmicznej jak fale na tafli jeziora po wrzuceniu kamienia. Zazwyczaj fala ta rozchodzi się równomiernie we wszystkich kierunkach. Jednak w rzadkich przypadkach, gdy zderzają się czarne dziury o podobnych masach, lecz przeciwnych kierunkach wirowania, powstała fala grawitacyjna może być nierównomierna (silniejsza w jednym kierunku niż w innym). Taka asymetria powoduje swego rodzaju „odrzut”, który wysyła nowo powstałą supermasywną czarną dziurę w podróż. Jeśli nadana w ten sposób prędkość okaże się większa niż prędkość ucieczki z galaktyki, uciekając, czarna dziura zostaje z niej wyrzucona i wyrusza w samotną podróż przez przestrzeń kosmiczną.

Naukowcy dokonali zgrubnego oszacowania masy uciekającej czarnej dziury na poziomie około 10 milionów mas Słońca. Taka masa jest zbliżona do tego, czego można by się spodziewać po supermasywnej czarnej dziurze znajdującej się w centrum galaktyki. Czyli obserwowana uciekająca czarna dziura raczej nie jest obiektem wyrzuconym ze zwykłego układu czarnych dziur. Znacznie bardziej prawdopodobne jest, że jej „ucieczka” była skutkiem odrzutu wywołanego emisją fal grawitacyjnych podczas połączenia się dwóch supermasywnych centralnych czarnych dziur w czasie zderzenia galaktyk.

Mamy więc odpowiedzi na kilka pytań, ale bez wątpienia zostaną przeprowadzone kolejne obserwacje tego obiektu, które ujawnią jeszcze więcej szczegółów!

Anna DURKALEC

Zakład Astrofizyki, Departament Badań Podstawowych, Narodowe Centrum Badań Jądrowych