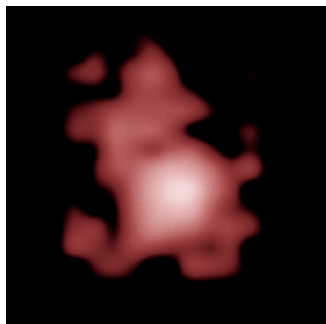


## Prosto z nieba: Młode i energiczne czarne dziury wczesnego Wszechświata

GN-z11 przez długi czas (od 2016 r.) była absolutnie najodleglejszą galaktyką zaobserwowaną przez ludzi (pisaliśmy o niej wielokrotnie na łamach *Delty*). Została zdetrzonizowana dopiero po pojawieniu się Kosmicznego Teleskopu Jamesa Webba, który zaobserwował 8 jeszcze odleglejszych galaktyk (stan na listopad 2023).



Galaktyka GN-z11. Zdjęcie wykonane przez Teleskop Kosmiczny Hubblea. Źródło: NASA, ESA, P. Oesch (Yale University), G. Brammer (STScI), P. van Dokkum (Yale University), and G. Illingworth (University of California, Santa Cruz)

Grupa naukowców pod kierunkiem prof. Roberto Maiolino zidentyfikowała w widmie GN-z11 parę położonych blisko siebie linii emisyjnych (zwanymi dubletami) związanych z potrójnie zjonizowanym neonem. Zjonizowanie neonu wymaga fotonów o bardzo wysokiej energii, które mogły zostać wyprodukowane tylko przez AGN. Więc bingo! – GN-z11 posiada młodą czarną dziurę o masie około miliona razy większej od masy naszego Słońca. Pozostaje więc odpowiedzieć na pytanie: jak taka bardzo masywna czarna dziura powstała?

Rozpatrzono dwa scenariusze. Pierwszy scenariusz zakładał, że młoda czarna dziura od swoich narodzin rosła przez akrecję materii na tzw. granicy Eddingtona (teoretycznym maksymalnym tempie akrecji). W tym scenariuszu czarna dziura w centrum GN-z11 powstałaby, mając masę około tysiąca razy większą niż masa Słońca (jako tzw. ciężkie ziarno, ang. *heavy seed*). Uważa się, że takie czarne dziury powstają w wyniku bezpośredniego zapadnięcia się masywnej chmury gazu, w przeciwieństwie do typowej czarnej dziury, która rodzi się, gdy masywna gwiazda osiąga koniec swojego życia i zapada się pod wpływem własnej grawitacji. Z drugiej strony, w drugim scenariuszu, założono, że czarna dziura w centrum GN-z11 powstała właśnie w taki typowy sposób, w wyniku zapadnięcia się masywnej gwiazdy o masie około 10–100 razy większej od masy Słońca. Wówczas okazało się,

Supermasywne czarne dziury, o masach przekraczających kilka miliardów mas Słońca, zostały zaobserwowane we Wszechświecie liczącym sobie mniej niż 1 miliard lat (na przesunięciach ku czerwieni 6–7). Ich istnienie tak krótko po Wielkim Wybuchu stanowi nie lada wyzwanie dla modeli teoretycznych opisujących powstanie i ewolucję struktur Wszechświata. Problem stanowi czas, a konkretnie jego brak. Astronomowie zadają sobie pytanie, jak tak masywne obiekty mogły powstać w tak krótkim (w rozumieniu kosmicznym) czasie? Jakie były ich początki? Jakie procesy były odpowiedzialne za dramatyczne zwiększenie ich masy? A może ich masa była tak duża już w momencie powstania?

Większość z tych pytań pozostaje do dziś otwarta, a otwarte pytania to jest to, co astrofizycy lubią najbardziej. Na warsztat wzięli więc oni jedną z najodleglejszych zaobserwowanych galaktyk – GN-z11. Jest to niezwykle jasna galaktyka. Szacuje się, że masa gwiazd tej galaktyki jest równoważna masie około miliarda Słońc – co czyni ją wyjątkowo masywną, biorąc pod uwagę jej wiek (obserwujemy ją taką, jaka była, gdy Wszechświat liczył sobie zaledwie 400 milionów lat). Jednym z możliwych wyjaśnień jej niesamowitej jasności jest to, że duża część światła tej galaktyki jest wytwarzana nie przez gwiazdy, a przez aktywnie akreującą (pochłaniającą) materię supermasywną czarną dziurę w jej centrum (tak zwane aktywne jądro galaktyki, AGN). Obecność AGN pomogłaby rozładować napięcie związane z wykryciem GN-z11 i innych „zbyt” jasnym galaktyk obserwowanych coraz częściej we wczesnym Wszechświecie. Chociaż jest to obiecujący pomysł, to jego potwierdzenie wymaga precyzyjnego wykrycia linii emisyjnych w widmie galaktyki – i tutaj wkracza oczywiście Kosmiczny Teleskop Jamesa Webba (JWST)!

że aby osiągnąć swoją obserwowaną masę, musiała pochłaniać materię w tempie znacznie przekraczającym teoretyczny limit Eddingtona.

Oba scenariusze są prawdopodobne, ale co ciekawe, można wykluczyć drugi scenariusz, przewidując, co się stanie z czarną dziurą w GN-z11, gdy dorośnie. Śledząc historie wzrostu czarnych dziur w czasie, naukowcy odkryli, że ograniczona limitem Eddingtona ewolucja czarnej dziury z tzw. ciężkiego ziarna pozwala przewidzieć zarówno obserwowaną masę czarnej dziury GN-z11, jak i masy obserwowanych populacji masywnych czarnych dziur na niższych przesunięciach ku czerwieni, podczas gdy drugi scenariusz tego nie potrafi.

Oczywiście zanim ogłosimy sukces i potwierdzimy istnienie populacji czarnych dziur powstałych z „ciężkiego ziarna” oraz ustalimy ich związek z supermasywnymi czarnymi dziurami późniejszego Wszechświata, trzeba przeprowadzić jeszcze wiele badań. Cóż, szczęśliwie mamy teleskop, który umożliwia nam te poszukiwania!

Oparte na publikacji Roberto Maiolino et al. (2023), “A small and vigorous black hole in the early universe”, arXiv:2305.12492.

*Anna DURKALEC*

Departament Badań Podstawowych (BP4),  
Zakład Astrofizyki, Narodowe Centrum Badań Jądrowych

## Niebo w styczniu

Początek roku zawsze oznacza największe zbliżenie Ziemi do Słońca i maksimum obfitego roju meteoroidów Kwadrantydów. Nasza planeta przechodzi przez perihelium swojej orbity 3 stycznia. Kwadrantydki zaś promieniują od 28 grudnia do 12 stycznia, z bardzo krótkim maksimum 4. dnia miesiąca. Są to meteory średnio szybkie, ich prędkość zderzenia z atmosferą Ziemi wynosi

około 41 km/s, a w okresie największej aktywności można się spodziewać około 100 zjawisk na godzinę. Zdarzają się jednak lata, że jest ich nawet 2 razy więcej. Radiant roju znajduje się na północ od głównej figury gwiazdozbioru Wolarza i nad położonym bliżej bieguna fragmentem północnej półkuli Ziemi nigdy nie zachodzi. Kwadrantydki najlepiej obserwować rano. U nas o godzinie 5 radiant