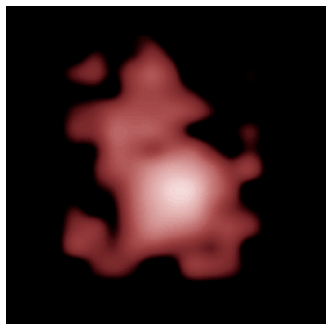


Prosto z nieba: Młode i energiczne czarne dziury wczesnego Wszechświata

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” jasnych 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

wznosi się na wysokości ponad 60° nad wschodnią częścią nieboskłonu. Szkoda, że w tym roku w ich obserwacjach przeszkodzi Księżyc w ostatniej kwadrze.

Sam Srebrny Glob zdominuje swoim blaskiem poranne niebo na początku stycznia, zaczynając miesiąc w fazie 77% mniej więcej 8° na wschód od Regulusa, najjaśniejszej gwiazdy Lwa. Trzy dni później nastąpi wspomniana już ostatnia kwadra, podczas której towarzystwa Księżycowi dotrzyma Porrima, jedna z jaśniejszych gwiazd Panny, znana z tego, że jest ciekawym układem podwójnym, gdzie dwie gwiazdy o jasnościach obserwowanych około $3,5^m$ obiegają się co 169 lat, oddalając się od siebie na nawet $6''$. Niestety obecnie ta odległość jest znacznie mniejsza. Księżyc pokaże się jakieś 4° pod tym układem gwiazd. 5 stycznia natomiast Księżyc wzejdzie $1,5^\circ$ na wschód od Spiki, najjaśniejszej gwiazdy konstelacji.

Naturalny satelita Ziemi podąży ku nowiu, przez który przejdzie 11 stycznia. Ze względu jednak na to, że wędruje wtedy głęboko pod ekliptyką, jego cienki sierp da się łatwo dostrzec jeszcze tylko 7. i 8. dnia miesiąca. Najpierw jego tarcza zaprezentuje fazę 20% na tle południowej części gwiazdozbioru Wagi. Dobę później jego sierp dotrze do gwiazdozbioru Skorpiona, zmniejszając przy tym fazę do 13%. O świcie Księżyc zdąży się wznieść na wysokość 9° , a wokół niego znajdzie się dużo jasnych ciał niebieskich. W bezpośredniej bliskości po jego prawej stronie pokaże się łuk gwiazd z północno-zachodniej części konstelacji z Graffias i Dschubbą; na godzinie 8 względem niego pokaże się Antares; trochę dalej (9°) na godzinie 10 pokaże się planeta Wenus; całkiem daleko już natomiast (ok. 20°) na godzinie 8:30 da się odnaleźć planetę Merkury. Księżyc w fazie 7% można próbować dostrzec też 9 stycznia, ale o tej samej porze zajmie on pozycję na wysokości niewiele ponad 2° między Wenus a Merkurym.

Obie planety wewnętrzne są w tym miesiącu widoczne niezbyt dobrze, ponieważ wędrują przez okolice najbardziej na południe wysuniętej części ekliptyki. Na szczęście dla nas są na północ od niej. Wenus dąży do koniunktacji górnej ze Słońcem na początku czerwca, ale ze względu na niekorzystne nachylenie ekliptyki do porannego widnokregu na przełomie zimy i wiosny zniknie z nieboskłonu już w lutym. Planeta nie jest atrakcyjnym celem dla posiadaczy teleskopów, gdyż jej tarcza o jasności -4^m pokaże malejącą średnicę od $14''$ do $12''$ z rosnącą fazą od 77% do 84%.

Merkury natomiast 12 stycznia osiągnie swoją maksymalną elongację zachodnią, wynoszącą tym razem całkiem spore 23° . Niestety nie oznacza to jego dobrej widoczności. Największą wysokość nad horyzontem planeta osiągnie już 6 stycznia, wznosząc się godzinę przed wschodem Słońca na wysokość zaledwie 5° , a zniknie w zorzy porannej jeszcze w drugiej dekadzie miesiąca. W tym czasie jasność planety wzrośnie od $+0,1^m$ do $-0,2^m$, jej średnica kątowa spadnie od $8''$ do $6''$, faza zaś zwiększy się od około 35% do 75%. Tuż przed końcem widoczności Merkurego zbliży się doń Wenus na odległość 11° . Zdecydowanie jaśniejszą Wenus można wykorzystywać do odnalezienia słabiej widocznego Merkurego. Pierwszej planety od Słońca należy szukać kilkanaście stopni od drugiej, patrząc w kierunku godziny 7.

W styczniu zaczyna wyraźnie poprawiać się nachylenie ekliptyki do wieczornego horyzontu, dlatego Księżyc po nowiu stanie się ozdobą nieba po zmierzchu. Zwłaszcza w pierwszych dniach, gdy zaprezentuje tzw. światło popielate. Już 13. dnia miesiąca jego sierp w fazie 6% można łatwo odnaleźć jakieś 12° pod Saturnem, względnie 20° na prawo od Fomalhauta, najjaśniejszej gwiazdy Ryby Południowej. Dobę później tarcza Księżycowa w fazie 13% zbliży się na $3,5^\circ$ do planety z pierścieniami. Sam Saturn dąży do spotkania ze Słońcem 28 lutego i jego warunki obserwacyjne pogarszają się właściwie z nocy na noc, gdyż planeta zbliża się szybko do linii widnokregu, i tak samo szybko skraca czas przebywania na niebie po zmierzchu. Saturn świeci blaskiem $+1^m$, mając tarczę o średnicy $16''$.

15 stycznia Srebrny Glob w fazie 23% spotka się z Neptunem, zbliżając się doń na odległość $3,5^\circ$. Do końca miesiąca planeta dotrze na $43'$ do gwiazdy 5. wielkości 20 Psc, 22 stycznia mijając w odległości $9'$ gwiazdę 7. wielkości HD 222878. Neptun świeci znacznie słabiej od Saturna, z jasnością $+7,9^m$, stąd choć jego koniunktacja ze Słońcem przypada 3 tygodnie po Saturnie, to zniknie on w zorzy wieczornej nawet wcześniej.

18 stycznia rano Srebrny Glob przejdzie przez I kwadrę, a wieczorem spotka się z Jowiszem. Około godziny 21 oba ciała przedzieli 2° , a do tego czasu faza Księżycowa urośnie do 57%. Dobę później, przy fazie o 10° większej, czeka Księżyc spotkanie z Uranem w odległości $2,5^\circ$. Jowisz przecina południk lokalny około godziny 18, Uran robi to samo niecałą godzinę później, wznosząc się przy tym na ponad 50° . Obie planety powoli zbliżają się do swoich koniunktacji ze Słońcem, stąd ich jasności i średnice kątowe maleją. Szczególnie widoczne jest to w przypadku Jowisza, który krąży bliżej nas, a średnica orbity naszej planety stanowi większą część średnicy orbity jowiszowej. Stąd do końca stycznia jego blask zmniejszy się od $-2,6^m$ do $-2,4^m$, a tarcza skurczy się od $44''$ do $40''$. Uran utrzyma blask $+5,7^m$ i średnicę tarczy niecałe $4''$. Zmniejsza się też stopniowo dystans na niebie między samymi planetami. Ostatniego dnia miesiąca wyniesie on 11° . W kwietniu natomiast planety zbliżą się do siebie na zaledwie $40'$. Niestety wtedy już prawie dogoni je Słońce, i szczególnie Uran zacznie ginąć w jego blasku.

W dniach 20–22 stycznia Księżyc odwiedzi gwiazdozbiór Byka, zwiększając fazę od 77% do 92%. Pierwszej z wymienionych nocy jego tarcza dotrze na pozycję 2° od Plejad, a następnie minie gwiazdę El Nath, czyli drugą co do jasności mieszkankę tej konstelacji. 24. dnia miesiąca Księżyc prawie w pełni znajdzie się 2° od Polluksa, najjaśniejszej gwiazdy Bliźniąt, by następnej doby przejść przez pełnię w Raku. Silny blask Srebrnego Globu uniemożliwi wtedy obserwację słynnej gromady gwiazd M44.

Na ostatnie kilka dni naturalny satelita Ziemi przeniesie się na niebo poranne, wizytując ponownie obszar nieba z początku miesiąca. 27 stycznia zaprezentuje tarczę oświetloną w 95%, mijając Regulusa w odległości mniejszej niż 3° , ostatniej zaś nocy miesiąca zdąży dotrzeć do Spiki, świecąc niecałe 4° od niej.

Ariel MAJCHER