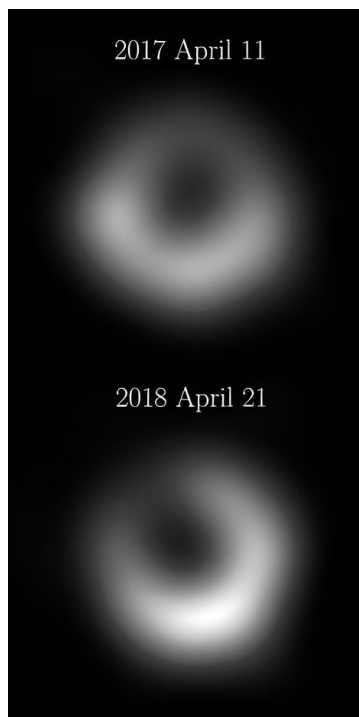




Prosto z nieba: Zmienny obraz czarnej dziury

Filozoficzno-lingwistyczna dyskusja nad tym, czy obraz czarnej dziury powinno się nazywać „cieniem”, czy raczej „obrysem/sylwetką”, wynika z tego, że czarna dziura wpływa na bieg promieni świetlnych, które się w jej okolicy znajdują, tzn. nie tylko „rzuca cień”, ale można powiedzieć, że także aktywnie „kształtuje” swój wizerunek.



Obrazy czarnej dziury M87* z lat 2017 i 2018 z pracy Akiyama i in., „The persistent shadow of the supermassive black hole of M 87 I. Observations, calibration, imaging, and analysis”, A&A 681, A79 (2024)

W 2017 roku instrument EHT (Event Horizon Telescope) – w rzeczywistości nie jeden teleskop, ale interferometr rozmiaru Ziemi składający się z wielu radioteleskopów – wykonał w przedziale fal radiowych określanymi jako mikrofale ($\approx 1,3$ mm) pierwsze „zdjęcie” czarnej dziury, nazwanej M87*. Znajduje się ona w centrum galaktyki Messier 87 (M87) w odległości około 55 milionów lat świetlnych od Ziemi i ma masę 6,5 miliardów M_{\odot} . Rozmiar kątowy obrazu na niebie jest bardzo mały, tylko około 40 mikrosekund łuku, co odpowiada rozmiarowi typowego pączka z dziurką – gdyby takowy znalazł się na powierzchni Księżyca. W rzeczywistości M87* jest tak ogromna, że wewnątrz jej horyzontu zmieściłby się cały Układ Słoneczny wraz z orbitą Plutona.

Jak wiadomo, czarna dziura niejako z definicji nie emituje światła, ale można zobaczyć jej „cień” (lub, jak niektórzy wolą uważać, „obrys” bądź „sylwetkę”) na tle znajdującej się wokół niej świecącej materii. Na rysunku obok obraz przedstawia pierścień – centralne zaciemnienie jest miejscem, w którym znajduje się czarna dziura. Dalsza analiza danych ujawniła również subtelniejszą strukturę obiektu M87* w świetle spolaryzowanym, co daje możliwość poznania geometrii pola magnetycznego i rozkładu plazmy wokół horyzontu czarnej dziury, a także testów teorii grawitacji, czyli ogólnej teorii względności.

Modele teoretyczne zakładają, że rozkład materii wokół M87* zmienia się w mniej więcej losowy sposób, który nie jest silnie skorelowany w czasie. Aby rozdzielić wpływ grawitacji (zakładamy, że mniej więcej stały albo co najmniej zmienny w sposób przewidywalny i w o wiele dłuższych skalach czasowych) i materii (losowo zmienny w krótkich skalach czasowych) na końcowy wynik obserwacji, można wykonać zdjęcie tego samego obiektu w różnych chwilach.

Artykuł opublikowany niedawno przez zespół EHT w Astronomy&Astrophysics (w zespole jest dwoje Polaków – Monika Mościbrodzka z Radboud University w Nijmegen w Holandii oraz Maciek Wielgus z Max Planck Institute for Radioastronomy w Bonn w Niemczech) zawiera nowy obraz M87* z 2018 roku, podobny do tego z 2017. Brak widocznej zmiany w rozmiarze pierścienia w latach 2017–2018 jest zgodny z przewidywaniami ogólnej teorii względności dla silnie ugiętej przez grawitację (soczewkowanej) emisji wokół czarnej dziury. Obrazy różnią się jednak, ponieważ rozkład jasności jest obrócony o około 30° w porównaniu z rokiem 2017. Obrót jest zgodny z oczekiwaną ewolucją świecącej materii – emisji z turbulentnego, nieuporządkowanego dysku akrecyjnego wokół czarnej dziury. Ewolucja świecącej materii była drobiazgowo modelowana komputerowo w wielu symulacjach magnetohydrodynamicznych plazmy znajdującej się w zakrzywionej czasoprzestrzeni, i wydaje się, że dobrze rozumiemy jej zachowanie. Dysk akrecyjny obraca się wokół czarnej dziury, co jest spójne ze zmianą kierunku wielkoskalowego strumienia (dżetu) obserwowanego w dużo dłuższych falach radiowych. Dzięki obserwacjom EHT już wkrótce będzie możliwe dużo lepsze zrozumienie mechanizmu powstawania takich dżetów w okolicach supermasywnych czarnych dziur.

Michał BEJGER

Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika PAN,
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), Sezione di Ferrara, Włochy



Niebo w lipcu

Na początku miesiąca dni są jeszcze długie, a ich skracanie się nie jest zauważalne. 23 lipca Słońce przekroczy jednak równoleżnik 20° deklinacji w drodze na południe i od tego momentu proces ten nabierze tempa. Do końca lipca skończą się sezony zarówno na obłoki srebrzyste, jak i łuk okołohoryzontalny, gdyż Słońce zacznie wędrować zbyt nisko.

W lipcu następuje zamiana ról na niebie wieczornym i porannym. Przez ostatnie miesiące ekliptyka tworzyła

duży kąt z widnokresem wieczorem, mały zaś rano. Odtąd wieczorem ekliptyka biegnie nisko na niebie, rano natomiast wznosi się wysoko. Jest to główny czynnik warunkujący widoczność obiektów znajdujących się blisko ekliptyki i jednocześnie blisko Słońca. Dlatego Merkurego, mimo osiągnięcia przezeń 22 lipca bardzo dużej, wynoszącej 27° , elongacji wschodniej, można próbować dostrzec jedynie na początku miesiąca, ale o zmierzchu pokaże się on na wysokości zaledwie 3° .

Również planeta Wenus po czerwcowej koniunkcji górnej do końca miesiąca zwiększy elongację do zaledwie 15° i zajdzie jeszcze wcześniej. Nie pomoże tutaj nawet duża jasność tej planety. W kolejnych kilku miesiącach Wenus na niebie wieczornym nie poprawi się, mimo zwiększającej się odległości kątowej od Słońca. Przeszkodzi w tym właśnie niskie nachylenie ekliptyki.

Polepszą się za to poranne warunki obserwacyjne Księżyca i widocznych wtedy innych planet Układu Słonecznego, czyli świecących jasno Saturna, Marsa i powracającego po spotkaniu ze Słońcem Jowisza. W drugiej części miesiąca można próbować odnaleźć Neptuna, a może nawet Urana. W ich przypadku należy jednak dysponować lornetką lub teleskopem.

Najlepiej ze wspomnianych planet prezentuje się Saturn, zbliżający się do przypadającej 8 września opozycji względem Słońca. 12 dni później w podobnej konfiguracji znajdzie się Neptun, stąd w tym sezonie obserwacyjnym obie planety dzieli na niebie około 11° . W lipcu poruszają się one ruchem wstecznym, choć Neptun zmieni kierunek swojego ruchu 3. dnia miesiąca. Saturn znajduje się w granicach gwiazdozbioru Wodnika, kreśląc swoją pętlę około 2° na wschód od gwiazdy 4. wielkości φ Aqr. Neptun natomiast znajduje się w Rybach, wędrując mniej więcej $100'$ na północ od świecącej z jasnością obserwowaną $+5,1^m$ gwiazdy 29 Psc. W lipcu obie planety zaczną przekraczać wysokość 30° nad południową częścią nieboskłonu, przy czym Saturn zaprezentuje tarczę o jasności $+1^m$ i średnicy $18''$, Neptun zaś świeci z jasnością $+7,9^m$. Stosunek małej do wielkiej osi w układzie pierścieni Saturna wyniesie 0,04.

Planeta Mars pokona w lipcu 21° na tle Barana i Byka. 15 lipca przejdzie $0,5^\circ$ na południe od Urana, kończąc miesiąc 7° na zachód od Jowisza. Uran świeci z jasnością $+5,8^m$ i początkowo zginie w zorzy porannej, lecz do końca miesiąca jego widoczność znacznie się poprawi. Tej planety należy szukać jakieś 6° na południowy zachód od Plejad, a najbliższą w miarę jasną gwiazdą jest świecąca z jasnością $+5,5^m$ 13 Tau, do której Uran do końca lipca zmniejszy dystans do $1,5^\circ$. Blask Marsa wynosi $+0,9^m$, czyli porównywalnie do pobliskiego Aldebarana w Byku.

Ostatnią widoczną rano planetą jest Jowisz. Początkowo około godziny 3:30 wznosi się on na wysokość zaledwie 8° , ale do końca lipca o tej samej porze przekroczy wysokość 20° . Jowisz znajduje się w gwiazdozbiorze Byka, wędrując kilka stopni na północ od Hiad. 5 lipca planeta przejdzie 2° na północ od gwiazdy Ain (ϵ Tau), czyli najbardziej na północ wysuniętej jasnej gwiazdy tej gromady. Do końca miesiąca jasność planety zwiększy się do $-2,1^m$, a średnica jej tarczy do $35''$.

Na początku lipca ostatnie trzy planety odwiedzi Księżyc przed nowiem. 1 lipca Srebrny Glob zaprezentuje tarczę w fazie 26%, docierając na 8° na zachód od Czerwonej Planety. Dobę później zmniejszy on fazę do 17%, przesuując się na pozycję 6° na północny wschód od Marsa i jednocześnie $4,5^\circ$ na północny zachód od Urana. 8° na lewo od księżycowej tarczy da się dostrzec Plejady. Faza Księżyca 3 lipca spadnie poniżej 10%. Niecałe 5° pod

nim pokaże się Jowisz, a kolejne 5° dalej w tym samym kierunku znajdzie się Aldebaran, ale przy wysokości zaledwie $3,5^\circ$ jest trudny do dostrzeżenia. Tarczę Księżyca da się jeszcze odnaleźć 4 lipca, gdy o świcie, w fazie jedynie 4%, wzniesie się na wysokość 8° . El Nath, druga co do jasności gwiazda Byka, znajdzie się 4° na lewo od niej, 12° na prawo zaś Jowisz.

W nocy z 5 na 6 lipca Księżyc przejdzie przez nów i przeniesie się na niebo wieczorne, gdzie odwiedzi kilka jasnych ciał niebieskich, wszystko jednak zdarzy się nisko nad horyzontem. 7 lipca Srebrny Glob spotka się z Merkurym mającym jasność $-0,2^m$. Około godziny 21:45 Księżyc pokaże tarczę w fazie 4% na wysokości 5° , Merkurego zaś należy szukać jakieś $1,5^\circ$ od brzegu księżycowej tarczy, na godzinie 7 względem niej. Dwa dni później Księżyc zwiększy fazę do 15% i dotrze na 3° do Regulusa, najjaśniejszej gwiazdy Lwa. 10 lipca Księżyc w fazie 22% zakryje gwiazdę 5. wielkości χ Leonis. Zjawisko zacznie się około godziny 21:25 przy zachodzie Słońca. Ale w południowo-wschodniej części kraju powinno dać się je zaobserwować przez lornetkę.

13 lipca Księżyc osiągnie I kwadrę, zbliżając się do Spiki, najjaśniejszej gwiazdy Panny na odległość 3° , by dwa dni później przejść 4° pod Zuben Elgenubi w Wadze, zwiększając przy tym fazę do 68%. 17 dnia miesiąca tarcza Srebrnego Globu stanie się jeszcze bardziej pyzata, prezentując fazę 85%. Tej nocy zajmie ona pozycję $0,5^\circ$ na południe od Antaresa, najjaśniejszej gwiazdy Skorpiona. 21 lipca przypada pełnia Księżyca, a w nocy z 24 na 25 lipca spotka się on z Saturnem, zmniejszając do tej pory fazę do 84%. O godzinie 23 oba ciała przedzieli dystans około $50'$.

28 lipca Srebrny Glob znowu pokaże tarczę oświetloną w połowie, tym razem jednak zaprezentuje on swoją zachodnią część, świecąc mniej więcej 7° na południe od jasnych gwiazd Barana. Dwa dni później jego tarcza zmniejszy fazę do 29% i dotrze 2° na wschód od Plejad. Jednocześnie 6° na południowy zachód od niej znajdzie się Uran, 2° na południowy wschód zaś – Mars. Ostatniego poranka miesiąca oświetlony w 20% Księżyc przejdzie 5° na północ od Jowisza.

10 lipca maksimum swojej jasności osiągnie miryda χ Cygni, zmieniająca jasność od $+3,3^m$ do $+14,2^m$ w okresie 408 dni. W tym czasie powinna ona przekroczyć jasność $+4,5^m$, a zatem dać się łatwo dostrzec gołym okiem. W lipcu χ Cygni góruje około północy na wysokości ponad 70° . Można ją odnaleźć na linii łączącej gwiazdę η Cyg z Albireo (β Cyg), mniej więcej $2,5^\circ$ od pierwszej z wymienionych gwiazd.

W tym miesiącu przez opozycję przejdzie planetoida Ceres, jaśniejąc do około $+7,3^m$. Ceres porusza się ruchem wstecznym i przez cały lipiec pokona w ten sposób około 6° na tle gwiazdozbioru Strzelca, przechodząc na początku miesiąca $1,5^\circ$ na południe od gwiazdy 3. wielkości τ Sgr, by 8 lipca przejść $0,5^\circ$ od jaśniejszej o $0,7^m$ Ascelli (ζ Sgr). Niestety podczas górowania Ceres nie przekroczy wysokości 10° nad widnokregiem.

Ariel MAJCHER