

Jak zważyć obiekt, którego nie widać?

Naukowcy z Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Warszawskiego (OAUW) zaobserwowali pojaśnienie gwiazdy spowodowane przejściem ciemnego obiektu na linii biegu promieni świetlnych. Dzięki zjawisku mikrosoczewkowania grawitacyjnego udało się zważyć niewidoczny obiekt z zaskakująco dużą dokładnością. Prawdopodobnie jego masa jest większa od masy Słońca.

Warszawscy astronomowie zwrócili uwagę na nietypowe pojaśnienie pewnej gwiazdy w codziennej porcji danych zaobserwowanych przez europejską misję kosmiczną Gaia 18 kwietnia 2019 roku. – „Postanowiliśmy dokładnie przyjrzeć się temu zjawisku, nazwanemu Gaia19bld, licząc na bardzo silne wzmocnienie sygnału w najbliższych dniach. Skierowaliśmy na gwiazdę teleskopy naziemne znajdujące się na różnych kontynentach oraz teleskop kosmiczny Spitzera NASA” - komentuje Krzysztof Rybicki, doktorant w OAUW, główny autor analizy oraz jednej z publikacji na temat zjawiska Gaia19bld.

Astronomowie przypuszczali, że możliwe będzie zarejestrowanie zmian struktury obrazów źródła światła (gwiazdy) w zjawisku mikrosoczewkowania, które, choć dobrze określone teoretycznie, nigdy dotąd nie zostały bezpośrednio zaobserwowane. – „Przewidzieliśmy jak duże i szerokie będzie maksimum pojaśnienia. W porozumieniu z innymi astronomami, przede wszystkim z naszymi współpracownikami z paryskiej Sorbony oraz Uniwersytetu w Heidelbergu, zaplanowane zostały obserwacje na największych teleskopach świata. Udało nam się po raz pierwszy zarejestrować nie tylko osobne dwa obrazy źródła, ale też ich zmianę położenia podczas zjawiska soczewkowania. Taki efekt wynika wprost z Ogólnej Teorii Względności Alberta Einsteina i został przewidziany przez wybitnego polskiego astronoma, absolwenta UW, prof. Bohdana Paczyńskiego ponad 30 lat temu” - dodaje Rybicki.

Gwiazda czy czarna dziura?

Dzięki obserwacjom z teleskopów znajdujących się w Afryce, Australii i Ameryce Południowej oraz zaangażowaniu wielu obserwatorów z całego globu, astronomowie zebrali liczne i bardzo precyzyjne dane, dzięki którym dokładnie określili masę ciemnego obiektu, zwanego soczewką, który powoduje pojaśnienie odległej gwiazdy. „Zmierzyliśmy z dużą dokładnością, że odkryty ciemny obiekt jest nieco bardziej masywny niż Słońce, wciąż jednak nie jesteśmy pewni czym jest” - komentuje prof. Łukasz Wyrzykowski, kierownik grupy działającej w OAUW, odpowiedzialnej za organizację sieci naziemnych teleskopów badających zjawiska wykryte przez satelitę Gaia. – „Jeśli jest zwykłą gwiazdą, dowiemy się o tym za kilka lat, kiedy źródło i soczewka rozdzielą się na niebie. Alternatywnym rozwiązaniem jest obiekt bardziej egzotyczny, czyli gwiazda neutronowa lub czarna dziura. Wydaje się jednak, że soczewka w zjawisku Gaia19bld ma zbyt małą masę, aby taki scenariusz mógł być prawdziwy. Niemniej jednak dzięki metodzie soczewkowania grawitacyjnego zyskujemy narzędzie do wykrycia czarnych dziur w innych podobnych zjawiskach” - dodaje prof. Wyrzykowski.

Obserwacje bez przerwy

Pojaśnienie gwiazdy-źródła, dzięki któremu zbadano tajemniczy ciemny obiekt, było obserwowane przez niemal rok przez teleskopy różnej klasy. W monitoringu brały udział zarówno teleskopy kosmiczne należące do największych agencji, jak Gaia (Europejska Agencja Kosmiczna) i Spitzer (NASA), jak i teleskopy naziemne różnej wielkości: od 8-metrowych teleskopów należących do Europejskiego Obserwatorium Południowego (ESO), po niewielkie robotyczne teleskopy operowane przez miłośników astronomii. Kluczowe dane zostały również zebrane przez polski projekt OGLE,

wykorzystujący Teleskop Warszawski, znajdujący się w Chile. „To doskonały przykład współpracy między różnymi agencjami kosmicznymi, ale także pomiędzy naukowcami a miłośnikami astronomii” - komentuje prof. Wyrzykowski. „Coraz częściej znaczące odkrycia astronomiczne są wynikiem pracy wielu grup badawczych z wykorzystaniem instrumentów zlokalizowanych w różnych miejscach. To zapewnia możliwość obserwacji zjawisk bez przerwy, bo zawsze w którymś z obserwatoriów panują odpowiednie warunki obserwacyjne” - wyjaśnia astronom.

Opisane wyniki badań zostały opublikowane w trzech artykułach naukowych, w czasopismach „Nature Astronomy” oraz „Astronomy & Astrophysics”.

Prace polskiego zespołu są finansowane przez granty Narodowego Centrum Nauki oraz Komisji Europejskiej z programu Horyzont 2020.

PUBLIKACJE NAUKOWE:

*Single-lens mass measurement in the high-magnification microlensing event Gaia19bld located in the Galactic disc, **Astronomy & Astrophysics***
<https://arxiv.org/abs/2112.01613>

*A spectroscopic follow-up for Gaia19bld, **Astronomy & Astrophysics***
<https://arxiv.org/abs/2112.01676>

*Microlensing mass measurement from images of rotating gravitational arcs, **Nature Astronomy***
<https://www.nature.com/articles/s41550-021-01514-w>

ANIMACJA:

https://www.fuw.edu.pl/tl_files/press/images/2021/OA211207c_mov01.m4v

Na wykresach po lewej stronie przedstawiono zostały trajektorie źródła (linie ciągłe) względem soczewki (znak plus), rzutowane na płaszczyznę nieba, widziane z perspektywy obserwatora na Ziemi (górny panel) oraz Teleskopu Kosmicznego Spitzera (dolny panel). Satelita Gaia znajduje się względnie blisko naszej planety, zatem zjawisko z jego perspektywy przebiega niemal identycznie jak dla obserwatora ziemskiego.

W trakcie zjawiska mikrosoczewkowania światło pochodzące od źródła rozdziela się na dwa obrazy (żółte, wydłużone kształty), które jednak są tak blisko siebie, że w trakcie pomiarów jasności nie jesteśmy w stanie ich rozdzielić i widzimy pojedynczy obiekt.

Na prawym panelu przedstawiono to, co w praktyce mierzymy, a więc zmianę jasności źródła w czasie. Wynika ona z tego, że suma strumieni pochodzących od obrazów jest większa niż strumień pochodzący od źródła poza zjawiskiem. Wzmocnienie jest tym większe, im mniejsza jest obserwowana separacja pomiędzy źródłem a soczewką. Punkty reprezentują pomiary zebrane przez różne teleskopy, zaś linie ciągłe oznaczają dopasowany model. Czerwone linie reprezentują perspektywę Spitzera, zaś zielone obserwatoriów naziemnych oraz satelity Gaia. Jak widać, z punktu widzenia Spitzera źródło i soczewka nie zbliżają się do siebie tak bardzo jak dla obserwatora na Ziemi, a zatem wzmocnienie widziane przez tego satelitę jest znacznie mniejsze.

W dolnej części przedstawiono rekonstrukcje obrazów stworzone na podstawie pomiarów interferometrycznych, które zostały wykonane w okolicach maksimum zjawiska. Obserwacje wykonano za pomocą czterech 8-metrowych teleskopów działających jednocześnie jako jeden instrument (VLTI). Dzięki nim mogliśmy bezpośrednio zobaczyć - po raz pierwszy w historii - rotację obrazów źródła wokół soczewki. (Autor: Krzysztof Rybicki)

MATERIAŁY GRAFICZNE:

HR: https://www.fuw.edu.pl/tl_files/press/images/2021/OA211207b_fot01.png

Zjawisko mikrosoczewkowania zachodzi, gdy pomiędzy odległą gwiazdą a obserwatorem znajdzie się obiekt o niezerowej masie (najczęściej będący inną gwiazdą). W takiej sytuacji może on zadziałać jak soczewka,

wzmacniając sygnał pochodzący od źródła, co skutkuje jego wyjaśnieniem. Dla zjawiska Gaia19bld zebrane zostały obserwacje pochodzące z satelity Gaia, z licznych obserwatoriów naziemnych, a także z Kosmicznego Teleskopu Spitzera, który krąży wokół Słońca w znacznej odległości od Ziemi. Dzięki temu, zjawisko było obserwowane pod różnym kątem, co pozwoliło zebrać dodatkowe informacje na temat soczewki. *(Autor: Krzysztof Rybicki)*

KONTAKT DLA PRASY:

Krzysztof Rybicki krybicki@astrouw.edu.pl
prof. Łukasz Wyrzykowski lw@astrouw.edu.pl