

Swobodne i uśpione czarne dziury

W 2015 roku detektory LIGO zarejestrowały pierwszy raz w historii falę grawitacyjną (*Aktualności* Δ_{16}^4). Uznaje się również, że była to pierwsza *bezpośrednia* obserwacja czarnej dziury. Wcześniej identyfikowano czarne dziury w sposób pośredni, obserwując ich wpływ na otaczającą je materię (np. dyski akrecyjne, czyli materię opadającą na czarną dziurę emitującą silne promieniowanie elektromagnetyczne w różnych zakresach długości fal).

Fale grawitacyjne wystarczająco silne, aby mogły być rejestrowane przez aktualnie działające detektory, są generowane w bardzo specyficznych warunkach – wtedy gdy dwie czarne dziury (ewentualnie czarna dziura i gwiazda neutronowa lub dwie gwiazdy neutronowe) kończą trwające miliony lub nawet miliardy lat opadanie na siebie po powoli zacieśniających się prawie kołowych orbitach. Chwilę przed ostatecznym połączeniem się składników układu podwójnego emitowane przez niego promieniowanie grawitacyjne zaczyna być wystarczająco silne, aby było rejestrowalne dla detektorów, i zaraz po połączeniu znów jego natężenie szybko spada do poziomu poniżej czułości detektorów. Czas takiej obserwacji jest rzędu sekund, lub nawet ułamka sekundy. Obecnie działające detektory fal grawitacyjnych nie są więc w stanie wykryć istnienia czarnej dziury, która nie znajduje się w opisanych powyżej, bardzo specyficznych okolicznościach. Dla takich czarnych dziur pozostają różnego rodzaju metody obserwacji *pośrednich*.

Jeżeli tzw. gwiazdowa czarna dziura (o masie kilku do kilkudziesięciu mas Słońca) nie jest składnikiem układu podwójnego albo jej partnerem jest zwykła gwiazda, ale nie ma znaczącego przepływu materii pomiędzy gwiazdą a czarną dziurą, to wokół czarnej dziury nie będzie świecącego dysku akrecyjnego, który można by „zobaczyć” w teleskopach. Okazuje się jednak, że nawet wtedy sytuacja nie jest zupełnie beznadziejna. Z pomocą przychodzi znowu grawitacja. Taka czarna dziura zakrzywia bowiem czasoprzestrzeń i jeżeli znajdzie się pomiędzy obserwatorem a znajdującym się dalej źródłem światła, to wpływa na bieg światła od źródła do obserwatora. Zjawisko to nazywa się soczewkowaniem grawitacyjnym, o którym wiele razy wspominaliśmy już w *Delcie* (zobacz m.in. Δ_{21}^8). Wykorzystując właśnie zjawisko soczewkowania grawitacyjnego, zespół polskiego projektu OGLE dokonał ostatnio dwóch przełomowych odkryć.

Obserwacja pierwszej swobodnej czarnej dziury w naszej Galaktyce to pierwsze z tych odkryć. Ma ono długą historię. Gwiazdę, której światło było przez tę czarną dziurę wzmocnione, zaczęto obserwować w 2011 roku. Wtedy to zaobserwowano pojaśnienie gwiazdy wskutek przejścia czarnej dziury między gwiazdą a nami, obserwatorami. Ten przypadek mikrosoczewkowania grawitacyjnego oznaczono symbolem OGLE-2011-BLG-0462. Przez kolejne dziewięć lat zjawisko było regularnie obserwowane

przez zespół projektu OGLE. Zebrano 15 545 niezwykle precyzyjnych pomiarów jasności obiektu. Obserwacje te były uzupełnione o precyzyjne pomiary astrometryczne wykonane przez zespół astronomów pod kierunkiem prof. Kailasha Sahu (Space Telescope Science Institute) przy użyciu teleskopu Hubble’a oraz dodatkowe dane zebrane przez niezależny zespół kierowany przez doktorantkę Casey Lam i prof. Jessicę Lu (Uniwersytet Kalifornijski w Berkeley).

Standardowo przy obserwacji mikrosoczewkowania grawitacyjnego obserwuje się pojaśnienie źródła, spowodowane przez przechodzący na jego tle soczewkujący obiekt. W przypadku bardzo masywnych soczewek możliwe jest wykrycie za pomocą niesłychanie precyzyjnych instrumentów astrometrycznych dodatkowego efektu – tzw. mikrosoczewkowania astrometrycznego. Położenie źródła światła na sferze niebieskiej w trakcie zjawiska mikrosoczewkowania ulega bardzo niewielkiej, charakterystycznej zmianie. Jednoczesne obserwacje mikrosoczewkowania – fotometryczne i astrometryczne – umożliwiają wyznaczenie masy obiektu soczewkującego i w ten sposób określenie jego typu. Wyniki modelowania jednoznacznie wskazują, że zjawisko OGLE-2011-BLG-0462 wywołane zostało przez masywny obiekt o masie kilku mas Słońca. Ponieważ światło zwyczajnej gwiazdy o takiej masie byłoby z łatwością zarejestrowane, soczewka musi być obiektem nieświecącym – swobodną czarną dziurą o masie gwiazdowej.

Drugim odkryciem jest pierwsza obserwacja „uśpionej” czarnej dziury o masie gwiazdowej poza naszą Galaktyką. Termin „uśpiona” oznacza czarną dziurę tworzącą układ podwójny ze zwykłą gwiazdą, w którym nie ma znaczącego przepływu masy między gwiazdą a czarną dziurą. Odkrycie było możliwe dzięki sześciolatniemu obserwacjom spektroskopowym wykonanym za pomocą teleskopu VLT należącego do Europejskiego Obserwatorium Południowego (ESO) oraz niemal dwudziestoletniemu obserwacjom fotometrycznym prowadzonym w ramach polskiego projektu OGLE za pomocą Teleskopu Warszawskiego w Chile. Układ VFTS 243 znajduje się w mgławicy Tarantula, będącej ogromnym obszarem gwiazdotwórczym w Wielkim Obłoku Magellana. Składa się on z gorącej, niebieskiej gwiazdy o masie 25 mas Słońca oraz z niewidocznego towarzysza o masie co najmniej 9 razy większej od masy Słońca. Badacze przetestowali różne hipotezy dotyczące natury tego ciemnego składnika układu i doszli do wniosku, że może to być jedynie „uśpiona” czarna dziura. Zasadnicze znaczenie dla udowodnienia tej hipotezy miały obserwacje minimalnych zmian jasności układu będących skutkiem soczewkowania światła emitowanego przez gwiazdę stanowiącą główny składnik układu.

Szymon CHARZYŃSKI

Informacja za serwisem Obserwatorium Astronomicznego UW, gdzie można znaleźć więcej szczegółów oraz zdjęcia i animacje.