

## Puls a rozmiar na nowo

Czy biorąc ssaka za łapkę, można określić jego wielkość? Raczej tak. Mała łapka – mały ssak, duża łapka – duży ssak. To jednak nie jedyna metoda. Jeżeli łapka nadal jest częścią danego ssaka i to w dodatku żywego, można określić jego rozmiary, mierząc puls. Im dłuższy okres między uderzeniami serca, tym większa masa zwierzęcia.

Powyzsza metoda może wydawać się niepraktyczna. Są jednak sytuacje, w których nie ma innej. Przykładów należy jednak szukać nie w zoologii, lecz w astronomii.

Nie jest tajemnicą dla Czytelników *Delty*, że podstawowym problemem astronomii jest pomiar odległości. Co by astronom nie robił, potyka się o brak niezawodnej miarki. Wynaleziono wiele bardzo sprytnych metod, którym poświęciliśmy kiedyś cały numer *Delty* (10/2001). Praktycznie wszystkie sposoby mierzenia odległości we Wszechświecie opierają się na obiektach, których absolutna jasność jest lepiej lub gorzej znana. Im lepiej, tym lepszymi tzw. świecami standardowymi są te obiekty. Na podstawie ich jasności obserwowanej można określić odległość do nich.

Im dalej sięgamy w Kosmos, tym jaśniejsze muszą być świece. Ale żeby mieć możliwość pomiaru bezwzględny, trzeba taką linijkę wyskalować. Miarki te skaluje się jedna od drugiej. W końcu jednak trzeba którąś miarkę wycechować mniej lub bardziej bezpośrednio. Niedokładność takiej procedury przenosi się w oczywisty sposób na pozostałe linijki.

Historycznie pierwszą pozagalaktyczną miarką jest nadal niezwykle cenny związek między jasnością absolutną cefeid a ich okresem zmienności. Został on odkryty w 1912 roku przez Henriettę Leavitt, która zajmowała się obserwacją gwiazd zmiennych. Zauważyła, że logarytm okresu zmienności jest proporcjonalny do jasności obserwowanej cefeid należących do Małego Obłoku Magellana. Przyjmując, że wszystkie gwiazdy w tej satelitarnej galaktyce Drogi Mlecznej są mniej więcej w tej samej odległości (co wtedy wydawało się uzasadnione, a obecnie jest oczywiste), uczona uzyskała zależność jasności absolutnej od okresu zmienności. Wynika stąd zależność odległości (mierzonej w jednostkach odległości do Małego Obłoku Magellana) od stosunku jasności obserwowanej do logarytmu okresu zmienności.

Właśnie dzięki pomocy relacji odkrytej przez Henriettę udało się przekonać społeczność astronomów o pozagalaktyczności galaktyk, a Edwin Hubble mógł odkryć prawo ich ucieczki.

Współcześnie potrzebne jest bardziej dokładne wyskalowanie cefeidowej miarki. Pomysł na prawie bezpośredni pomiar odległości cefeid pochodzi od Waltera Baadego i Adriaana Wesselinka i jest znany od połowy XX wieku. Ta klasyczna metoda opiera się na porównaniu zmiany kątowych rozmiarów gwiazdy z rzeczywistymi zmianami jej rozmiarów wyznaczonymi na podstawie szybkości rośnięcia. Tempo rośnięcia jest określane bezpośrednio, na podstawie pomiarów spektroskopowych. Natomiast zmiana rozmiarów kątowych wyznaczana jest na podstawie zmian jasności za pośrednictwem modelu atmosfery cefeid.

Żeby metodę Baadego i Wesselinka uczynić naprawdę bezpośrednią, należy zmierzyć zmianę rozmiarów kątowych bez odwoływania się do rozważań modelowych. Tylko to nie jest takie proste, gdyż kątowe rozmiary nawet najbliższych cefeid nie przekraczają trzech tysięcznych sekundy łuku. W dodatku chodzi nie o same rozmiary, tylko o ich zmianę. To jakby z Księżycą próbować sprawdzać, czy wyrzucony na brzeg oceanu wieloryb jeszcze oddycha.

Pomiarów z taką rozdzielczością kątową nie można przeprowadzić nawet za pomocą największych teleskopów optycznych. Trzeba odwołać się do metod interferometrycznych. Obserwując interferencję światła zbieranego przez dwa teleskopy, można uzyskać rozróżnienie szczegółów tak dokładne, jak za pomocą teleskopu o rozmiarach porównywalnych do odległości między teleskopami. Wymaga to jednak niezwykle precyzyjnego systemu teleskopów połączonych optycznie i to w sposób umożliwiający zmianę odległości optycznych, bo dopiero wtedy można takiego systemu użyć do obserwacji dowolnie położonej gwiazdy, której obserwacja jest możliwa przez oba teleskopy.

Unikalnym pod tym względem urządzeniem jest VLTI [1], czyli Bardzo Wielki Interferometr Teleskopowy (chodzi oczywiście o teleskopy astronomiczne, a nie o elementy zawieszania samochodów) umieszczony w Paranal Observatory należącym do ESO i zlokalizowanym na szczycie Cerro (góry) Paranal na pustyni Atacama w północnym Chile. W skład układu wchodzi cztery osmiometrowe (8,2 m) teleskopy i kilka pomocniczych teleskopów dwumetrowych (1,8 m).

Jakiś czas temu francusko-szwajcarski zespół astronomów rozpoczął program mający na celu zmierzenie odległości do wielu cefeid przy wykorzystaniu VLTI. Pod koniec października organizacja ESO powiadomiła [2] o opublikowaniu wstępnych rezultatów. Interferometrycznie zmierzono 69 średnic gwiazd, wykorzystując ponad 100 godzin obserwacji rozłożonych na 68 nocy. Używane były trzy rozstawy teleskopów (teleskopy pomocnicze i trzydziestopięciocentymetrowe teleskopy testowe można przesunąć): 60 m, 102,5 m oraz 140 m. Pomiar dotyczyły siedmiu cefeid widzialnych na południowym niebie: X i W Strzelca,  $\eta$  Orła,  $\beta$  Złotej Ryby,  $\zeta$  Bliźniąt, Y Wężownika i L Kilu. Ich okresy wynoszą od 7 do 35,5 dnia, co stanowi przedział wystarczająco szeroki do przeprowadzenia kalibracji relacji okres-światłość.

Okazało się, że ta nowa metoda kalibracji daje wyniki zgodne z kalibracją przeprowadzoną na podstawie stosunkowo mało dokładnych pomiarów odległości wielu cefeid wykonanych za pomocą satelity Hipparcos.

Więcej informacji można znaleźć w internetowej wersji tego artykułu [3].

Piotr ZALEWSKI

[1] <http://www.eso.org/projects/vlti/>

[2] *Measuring Cosmic Distances with Stellar Heart Beats – VLTI Watches the Changing Size of Bright Southern Cepheids* ESO Press Release 25/04 29 października 2004 roku

[3] [www.mimuw.edu.pl/delta/af/0501](http://www.mimuw.edu.pl/delta/af/0501)