

Wyznaczanie odległości stanowi jedno z najważniejszych i najtrudniejszych wyzwań astronomii obserwacyjnej. Bez tego nie sposób odróżnić bliskiego słabego źródła od dalekiego, ale za to silnego. Bezpośredni pomiar odległości poprzez pomiar paralaksy jest możliwy tylko dla najbliższych gwiazd. Aby rozciągnąć skalę znanych odległości poza naszą Galaktykę, astronomowie uciekają się do używania tzw. świec standardowych, tzn. obiektów, których absolutna jasność jest znana. Najpopularniejszymi takimi świecami są cefeidy, gwiazdy zmienne charakteryzujące się dobrze określoną zależnością między absolutną jasnością a okresem zmienności. Właśnie dzięki cefeidom Edwin Hubble wykazał, że galaktyki oddalają się od siebie z prędkością proporcjonalną do odległości między nimi.

W ciągu ostatnich 70 lat jego obserwacja została wielokrotnie potwierdzona, prowadząc do coraz lepszego wyznaczenia stałej Hubble'a wiążącej przesunięcie ku czerwieni linii widmowych z odległością. Choć przyzwyczailiśmy się do rozszerzającego się Wszechświata, to nadal nie wiemy, czy grawitacja zdoła kiedyś zatrzymać jego ekspansję. Zależy to od średniej gęstości materii. Jeżeli stosunek tej gęstości do gęstości krytycznej jest większy od jedności, $\Omega_M > 1$, to przestrzeń ma dodatnią krzywiznę (jak sfera) i czeka nas Wielki Kolaps. W przypadku ujemnej krzywizny (kształt siodła), odpowiadającej $\Omega_M < 1$, ekspansja nigdy się nie skończy. Współczesne modele kosmologiczne sugerują pośrednie rozwiązanie, w którym całkowita gęstość energii odpowiadałaby dokładnie wartości krytycznej $\Omega_C = 1$. Według tych modeli płaski i jednorodny Wszechświat powstał w wyniku inflacji, czyli gwałtownego rozszerzania się jednego przechłodzonego bąbelka podczas przemiany fazowej w pierwszych ułamkach sekundy po Wielkim Wybuchu. $\Omega_C = 1$ nie musi oznaczać $\Omega_M = 1$, gdyż płaskość Wszechświata można uzyskać, dodając składnik Ω_Λ odpowiadający stałej kosmologicznej wprowadzonej przez Alberta Einsteina w celu otrzymania stacjonarnego rozwiązania równań Ogólnej Teorii Względności. Dziś wiemy, że człon taki nie jest konieczny, ale też nie jest a priori wykluczony. Modele inflacyjne przewidują $\Omega_C = \Omega_M + \Omega_\Lambda = 1$, przy czym $\Omega_\Lambda > 0$ odpowiadałoby tajemniczej energii pustej przestrzeni powodującej długozasięgowe odpychanie.

W 1995 roku A. Goobar i S. Perlmutter zaproponowali nowy sposób jednoczesnego wyznaczenia Ω_M i Ω_Λ [1]. Pomysł polegał na wykorzystaniu supernowych typu Ia jako standardowych świec. Przypuszcza się, że supernowe te powstają w układach podwójnych białego karła i czerwonego olbrzyma. Biały karzeł wysysa materię ze swojego partnera do momentu przekroczenia granicy Chandrasekhara, kiedy to

rozpoczyna się gwałtowne jądrowe spalanie węgla i gwiazda wybucha. Zaobserwowano, że eksplozje te przebiegają prawie identycznie, co tłumaczy się dużym podobieństwem rozpadających się obiektów. Użycie ich jako standardowych świec pozwala na ocenę kosmologicznych odległości rzędu miliardów lat świetlnych z dokładnością dochodzącą do 10%. Panowie Goobar i Perlmutter stwierdzili, że wykreślając diagram Hubble'a, czyli zależność obserwowanej jasności od przesunięcia ku czerwieni, dla kilkudziesięciu odległych supernowych Ia można jednocześnie wyznaczyć Ω_M i Ω_Λ . Diagram Hubble'a obrazuje zmienność „stałej” Hubble'a w czasie, która w nietrywialny sposób zależy od obecnych wartości Ω_M i Ω_Λ . Najprościej mówiąc, duże Ω_M powodowałyby grawitacyjne spowalnianie tempa ekspansji Wszechświata, natomiast duże Ω_Λ odwrotnie – przyspieszanie tempa ekspansji [1].

Ostatnie miesiące przyniosły zaskakujące wyniki dwóch grup polujących na odległe supernowe Ia [2,3]. Wygląda na to, że Wszechświat rozszerza się coraz szybciej, co wskazywałoby na większą od zera wartość stałej kosmologicznej, zwłaszcza jeżeli nie chcielibyśmy rezygnować z modeli inflacyjnych. $\Omega_\Lambda = 0$ byłoby prawie wykluczone i ewentualnie odpowiadałoby bardzo małej gęstości materii. Doniesienie o nowych wynikach ukazało się w renomowanym magazynie naukowym *Science* pod sensacyjnym tytułem: „Astronomowie widzą kosmiczną antygravitację przy pracy” [4] i zostało powtórzone m.in. przez *Gazetę Wyborczą* [5]. Wcześniejszy komentarz w *Nature* był trochę bardziej wyważony [6]. Podobne wnioski opatrzone następującym zastrzeżeniem: wyniki oparte są na małej obserwowanej jasności najodleglejszych supernowych Ia, interpretowanej jako przejaw ich większych odległości. Wśród innych hipotetycznych możliwości wyjaśnienia tego faktu wymieniono: mniejszą absolutną jasność supernowych w młodym Wszechświecie (przeciwnie temu zgodność charakterystyk spektralnych i krzywych jasności z otrzymanymi dla bliższych supernowych); niezależne od długości fali międzygalaktyczne osłabienie światła; systematyczne obciążenie próbki bliskich supernowych poprzez większe prawdopodobieństwo wybierania jaśniejszych z nich.

Jeżeli jednak wyniki i ich interpretacja są prawdziwe, to żyjemy w wiecznie rozszerzającym się Wszechświecie, w którym pusta przestrzeń ma niezerową gęstość energii.

Piotr ZALEWSKI

- [1] A. Goobar, S. Perlmutter, *Astrophys. J.* **450** (1995) 14.
- [2] S. Perlmutter i inni, *Nature* **391** (1998) 51.
- [3] P. Garnavich i inni, *Astrophys. J.* w druku.
- [4] J. Glanz, *Science* **279** (1998) 1298.
- [5] P. Cieśliński, *Gazeta Wyborcza* 27/02/1998 str. 14.
- [6] D. Branch, *Nature* **391** (1998) 23.