

Supernowa na żądanie

Tegoroczną Nagrodą Nobla z Fizyki podzielią się Saul Perlmutter, szef *Supernova Cosmology Project*, oraz Brian P. Schmidt i Adam G. Riess, obaj z *High-z Supernova Search Team*, za **odkrycie przyspieszonej ekspansji Wszechświata za pomocą obserwacji dalekich supernowych**.

O publikacjach [1, 2], za które głównie została przyznana tegoroczna nagroda, było głośno na początku 1998 roku, czyli jeszcze przed ich ostatecznym opublikowaniem. Oczywiście i my o tym pisaliśmy (*Delta* 5/1998). Wyniki te zostały niezależnie potwierdzone analizą anizotropii relikтового mikrofalowego promieniowania tła oraz przeglądami wielkoskalowych struktur Wszechświata (*Delta* 11/2000, 6/2003, 12/2006), co doprowadziło do uznania standardowego modelu kosmologicznego Λ CDM, według którego Wszechświat wygląda na euklidesowy, a na jego gęstość energii (zgodną z gęstością krytyczną, czyli z „euklidesowością” właśnie) składa się ciemna energia (prawie 3/4), ciemna materia (prawie 1/4), niecała jedna dwudziesta zwykłej materii oraz zaniedbywalne wkłady od promieniowania i neutrin. Choć nadal nie wiemy, ani czym jest ciemna materia, ani jak należy interpretować ciemną energię, to za pierwszy krok w kierunku obecnego paradygmatu kosmologicznego Nagroda Nobla należała się jak psu kość.

W latach osiemdziesiątych XX wieku dojrzał pomysł wykorzystania supernowych Ia jako świec standardowych. Eksplozje te powstają w układach podwójnych białego karła z inną gwiazdą, którą karzeł okrada z materii do momentu przekroczenia granicy Chandrasekhara, gdy następuje termojądrowy wybuch i gwiazda przez kilka tygodni świeci jaśniej od macierzystej galaktyki. Ponieważ za każdym razem wybuchu prawie identyczny obiekt, więc ewolucja jego jasności absolutnej jest zawsze bardzo podobna, a ewentualne odstępstwa można monitorować i pomiar jasności odpowiednio poprawić.

Problem polega tylko na tym, że taki wybuch zdarza się w przeciętnej galaktyce raz na kilkaset lat, a do precyzyjnego pomiaru trzeba użyć dużego teleskopu, na którym czas pomiarowy musi być rezerwowany z dużym wyprzedzeniem. Problem ten rozwiązał Perlmutter w 1988 roku, a swoje podejście nazwał *supernowa na żądanie*. Za pomocą czterometrowego teleskopu wyposażonego w CCD (co obecnie jest standardem, ale ćwierć wieku temu jeszcze nie było) jego zespół przeglądał niebo tuż po nowiu, a następnie po trzech tygodniach (czyli przed kolejnym nowiem) i automatycznie porównywał zdjęcia, poszukując kandydatów na supernowe. Każdy przegląd obejmował tak olbrzymią liczbę galaktyk, że za każdym razem można było oczekiwać około tuzina kandydatów, którymi mogły zająć się zarezerwowane wcześniej duże teleskopy. Pomimo tak zaawansowanego logistycznie przedsięwzięcia uzysk był bardzo mały. Pierwszy wynik,

oparty o pojedynczą supernową o względnym przesunięciu linii widmowych $z \approx 0,5$ został opublikowany w 1995 roku [3], a tytuł publikacji wskazuje, że oczekiwano zaobserwowania spowolnienia ekspansji Wszechświata. Zasadniczym rezultatem miało być porównanie odległości bolometrycznej wyznaczonej na podstawie jasności obserwowanej i odległości wynikającej z przesunięcia linii widmowych z . Związek ten jest liniowy (prawo Hubble’a) aż do $z \approx 0,2$, a dla większych odległości zaczyna w nietrywialny sposób zależeć od historii ekspansji. Mocno upraszczając, można powiedzieć, że wyhamowywanie ekspansji w epoce po wybuchu powodowałoby wzrost jasności obserwowanej i odwrotnie. Efekt ten powinien być najlepiej widoczny dla $0,2 < z < 1$, czyli dla czasów wybuchu sięgających połowy wieku Wszechświata. W tym samym roku Perlmutter wraz z Goobarem przedstawili [4], jak za pomocą pomiarów kilkudziesięciu odległych supernowych Ia ($z > 0,2$) można określić, czy ekspansja Wszechświata zwalnia czy przyspiesza. W tym samym czasie do gry włączył się konkurencyjny zespół Schmidta, w którym pierwsze skrzypce grał Riess (w 1995 roku mieli oni, odpowiednio, 28 i 26 lat!). Trzy lata później oba zespoły oświadczyły, że z ich pomiarów wynika przyspieszanie ekspansji Wszechświata, co może, i przeważnie jest, interpretowane jako obecność ciemnej energii.

Podobny wynik dwóch różnych zespołów wzmacniał wiarygodność przekazu, ale nadal pozostawały wątpliwości, czy zmniejszona obserwowana jasność odległych galaktyk nie jest spowodowana czymś innym. Riess poszedł za ciosem i postanowił sprawdzić, czy dla jeszcze odleglejszych supernowych ($z > 1$) da się zaobserwować spowolnienie przewidywane przez model Λ CDM, spowodowane początkową dominacją materii nad ciemną energią. W tym celu już wstępne poszukiwania trzeba było przenieść na teleskop Hubble’a, który został wyposażony w *Advanced Camera for Surveys*. Wyniki zostały opublikowane w 2004 roku [5] i potwierdziły oczekiwane spowolnienie, a tym samym model Λ CDM.

Myślę, że należy podkreślić nie tylko znakomite wyniki osiągnięte przez tegorocznych noblistów, ale również, a może przede wszystkim, ich zdolności organizacyjne. Wizja nie wystarczy, potrzebna jest jeszcze determinacja.

Piotr ZALEWSKI

- [1] A.G. Riess i inni, *Observational evidence from supernovae for an accelerating universe and a cosmological constant*, *Astronom. J.* **116** (1998), 1009–1038.
- [2] S. Perlmutter i inni, *Measurement of Ω and Λ from 42 high-redshift supernovae*, *Astrophys. J.* **517** (1999), 565–586.
- [3] S. Perlmutter i inni, *A Supernova at $z = 0.458$ and implications for measuring the cosmological deceleration*, *Astrophys. J.* **440** (1995), 41–44.
- [4] A. Goobar and S. Perlmutter, *Feasibility of measuring the cosmological constant Λ and mass density Ω using type Ia supernovae*, *Astrophys. J.* **450** (1995), 14–18.
- [5] A.G. Riess i inni, *Type Ia supernova discoveries at $z > 1$ from the Hubble Space Telescope: Evidence for past deceleration and constraints on dark energy evolution*, *Astrophys. J.* **607** (2004), 665–687.