

# Kosmiczny Teleskop Hubble'a

Pomysł zbudowania Wielkiego Teleskopu Kosmicznego powstał pod koniec lat 60. ubiegłego wieku – a więc kiedy jeszcze nie było *Delty*. Po ponad 20 latach pomysł doczekał się realizacji, mianowicie 25 kwietnia 1990 roku teleskop został umieszczony na okołozemskiej orbicie jako *Hubble Space Telescope* – HST. Co prawda wkrótce okazało się, że główne lustro (o średnicy 2,4 m) jest wykonane wadliwie, ale po dodaniu optycznych korektorów osiągnął – jako pierwszy w historii wielki teleskop – zdolność rozdzielczą określoną tylko przez falową naturę światła: dla promieniowania widzialnego i przy takiej średnicy teleskopu wynosi ona  $0''/05$ . Skoro Neptun ma kątowe rozmiary około  $2''/5$ , a Jowisz maksymalnie  $50''$ , to widać, że HST umożliwia np. śledzenie zmian pokrywy chmur na wielkich planetach, co z Ziemi jest wykluczone przez warstwę atmosfery. W dodatku wszelkie obserwacje można swobodnie prowadzić również w bliskiej podczerwieni i bliskim nadfiolecie. Jeszcze jednym zyskiem z umieszczenia teleskopu poza atmosferą jest to, że dla niego tło nieba jest właściwie naprawdę czarne, dzięki czemu kontrast obrazu i zasięg teleskopu niezmiernie przewyższa możliwości teleskopów naziemnych.

HST pracuje już ponad 10 lat i będzie pracować jeszcze co najmniej drugie tyle. Plon jego pracy już jest ogromny. Dzięki niemu można było na bieżąco śledzić

otoczenie supernowej SN 1987A ze szczegółami o rozmiarach poniżej  $1/10$  roku świetlnego. W licznych mgławicach została poznana struktura kondensujących się obłoków protogwiazdowych, przy czym okazało się, że dyski protoplanetarne są nadspodziewanie powszechne. Dzięki HST wiemy teraz, że powszechne są też zwarte obiekty zajmujące centralne miejsce w galaktykach – chyba nikt już nie wątpi, że są to supermasywne czarne dziury. Stwierdzono, że kwazary to też galaktyki, tylko że ich struktura jest praktycznie niewidoczna w oślepiającym blasku bijącym z centrum. To tam czarna dziura pochłania materię własnej galaktyki, często zniekształconej w wyniku zderzenia z inną. Obrazy, takie jak tzw. Głębokie Pole Hubble'a, sięgnęły do epoki, gdy Wszechświat był znacznie młodszy, a ówczesne galaktyki znacznie mniejsze od „współczesnych”, w rodzaju naszej. HST odkrył wiele przypadków soczewkowania grawitacyjnego i doprowadził do uściślenia wartości stałej Hubble'a, a przez to wieku Wszechświata na 12–14 mld lat. Te wyliczanki to oczywiście tylko część wkładu, jaki HST wniósł w powiększenie wiedzy o Wszechświecie. Wprawdzie nie odkrył niczego, co wywraçałoby wiedzę dotychczasową i często tylko potwierdzał wcześniejsze hipotezy, to jednak wydane nań 2 mld dolarów nie poszły na marne.

T. K.

## Neutrino

Cząstki, które przyniosły najwięcej niespodzianek w ciągu ostatnich 30 lat, to neutrino. Przez długi czas fascynowała fizyków zagadka niedoboru neutrin docierających do nas ze Słońca. Obserwowano ich znacznie mniej, niż przewidywał to coraz bardziej precyzyjny model naszej gwiazdy. Bilansu docierających do nas neutrin próbowano dokonać najpierw w eksperymentach radiochemicznych, a następnie zliczając je w wielkich podziemnych detektorach czerenkowskich. Wreszcie, w 2001 roku, eksperyment SNO ostatecznie rozwiązał zagadkę, wykazując, że całkowita liczba wszystkich rodzajów docierających do nas neutrin zgadza się z oczekiwaniami, ale jeśli wykrywamy tylko neutrino elektronowe, czyli te, które są produkowane wewnątrz Słońca, to jest ich za mało. Oznacza to, że wysyłane przez Słońce neutrino podlegają przemianom i tylko część dochodzi do Ziemi jako elektronowe, a reszta jako mionowe lub taonowe. Badania neutrin docierających do nas z kosmosu zostały w zeszłym roku uhonorowane Nagrodą Nobla dla R. Davisa (pionierskie badania radiochemiczne) i M. Koshiby (Super-Kamiokande).

Drugiej zagadki dostarczyły neutrino atmosferyczne, traktowane początkowo jako uciążliwe tło w poszukiwaniach rozpadów protonów. Okazało się, że przy przejściu przez Ziemię gubią się po drodze neutrino mionowe, natomiast elektronowe docierają bez przeszkód. Po ponad 10 latach uzyskiwania

niejednoznacznych wyników udało się rozwiązać tę zagadkę. W 1998 roku, w detektorze Super-Kamiokande, zawierającym 50 kiloton bardzo czystej wody, precyzyjnie zmierzono rozkłady kątowe, które można wyjaśnić jedynie poprzez przemianę neutrin mionowych w taonowe na ich drodze przez Ziemię.

Występowanie oscylacji (przemian jednego rodzaju neutrin w inne) oznacza, że neutrino mają niezerowe masy, wbrew temu, co zakładano w modelu standardowym oddziaływań cząstek elementarnych. Pomiary oscylacji neutrin słonecznych i atmosferycznych umożliwiają wyznaczenie różnic mas między trzema rodzajami neutrin. Informacje te są istotne dla zrozumienia tak zasadniczych problemów, jak mechanizm, dzięki któremu cząstki elementarne uzyskują masy oraz mechanizm odpowiedzialny za istnienie nadmiaru materii nad antymaterią we Wszechświecie. Jeśli dodać do tego, że w 1987 roku zaobserwowano neutrino z Supernowej 1987A, dzięki czemu mogliśmy „zajrzeć” w samo jądro zapadającej się grawitacyjnie gwiazdy, to można bez przesady stwierdzić, że w ostatnich latach z badań neutrin, jak z rogu obfitości, wysypywały się zarówno zagadki, jak i ich frapujące rozwiązania.

W tej dziedzinie bardzo wiele się dzieje i planowane są liczne nowe eksperymenty.

Danuta KIEŁCZEWSKA, Ewa RONDIO