

Prosto z nieba: Czują zwiadowca

Detekcja i analiza fal grawitacyjnych jest stosunkowo nowym sposobem obserwacji Wszechświata. Dotychczasowe fale, wykrywane już praktycznie regularnie przez interferometry LIGO (znajdujące się w Hanford w stanie Waszyngton oraz Livingston w stanie Luizjana) oraz Virgo (Cascina obok Pizy we Włoszech) powstały w ostatnich chwilach życia układów podwójnych czarnych dziur o masie gwiazdowej (masy rzędu $10 M_{\odot}$), lub gwiazd neutronowych (masy około $1,5 M_{\odot}$). Rozmiar detektorów LIGO i Virgo (ramiona długości kilku kilometrów), a przede wszystkim ich lokalizacja – na powierzchni Ziemi – ogranicza czułość do przedziału częstotliwości od około 10 Hz do 8 kHz, a co za tym idzie, ogranicza typy astrofizycznych źródeł sygnału. Wszechświat w przedziale niższych częstotliwości jest równie fascynujący: zawiera, jak przewidujemy, układy podwójne supermasywnych czarnych dziur (podobnych do tej, która znajduje się w centrum naszej Galaktyki), a także mnóstwo układów podwójnych zwykłych gwiazd, np. białych karłów. Niewykluczone są też egzotyczne źródła fal, takie jak struny kosmiczne, czyli hipotetyczne jednowymiarowe defekty topologiczne, które mogły powstać w bardzo wczesnym Wszechświecie.

Niskie częstotliwości LIGO i Virgo ogranicza szum sejsmiczny, to znaczy drgania powierzchni Ziemi. Czułość w przedziale średnich częstotliwości (rzędu 100 Hz) jest zdominowana drganiami cieplnymi luster (mas testowych), od których odbija się światło interferometrów, natomiast wyższe częstotliwości limituje „szum śrutowy”, czyli korpuskularna natura światła.

Najlepszym rozwiązaniem jest przeniesienie detektora w przestrzeń kosmiczną. W stanie nieważkości masy testowe spadają swobodnie (poruszają się po geodezyjnych), więc ich względna odległość jest zaburzana jedynie przez przechodzące fale grawitacyjne, a nie skomplikowany wpływ środowiska, jak w przypadku luster interferometrów LIGO i Virgo. Marzeniem i wyzwaniem dla pokoleń astrofizyków jest zbudowanie takiego interferometru. Aktualnie realizowanym projektem jest Laser Interferometer Space Antenna (LISA), który będzie składać się z formacji trzech satelitów, tworzących trójkątny interferometr o boku 2,5 mln km. LISA zostanie umieszczona na

ziemskiej orbicie wokół Słońca, w odległości kątowej około 20° za Ziemią. Wnętrze każdego ze statków kosmicznych będzie zajmować system laserowy, służący do przechwytywania i emisji – w odpowiedniej fazie – sygnału z dwu innych statków, a przede wszystkim dwie masy testowe w idealnym stanie nieważkości.

Masy testowe detektora LISA to sześciany o boku 46 mm wykonane ze stopu złota i platyny, i ważące po 2 kg każdy. Satelity będą poruszać się w taki sposób, by nie zaburzać ich swobodnego spadku.

Decyzja o finansowaniu LISA nie została by zapewne podjęta, gdyby nie rozpoznawca, „zwiadowca” misja LISA Pathfinder, będąca testem kluczowych technologii niezbędnych do realizacji głównego projektu. LISA Pathfinder to miniaturowy interferometr (a w zasadzie jedno ramię o boku długości jedynie 40 cm), mierzący odległość pomiędzy dwoma testowymi złoto-platynowymi sześcianami z dokładnością do 0,01 nm. Sonda została umieszczona w punkcie Lagrange’a L1 układu Ziemia-Słońce i przebywała w tym miejscu przez prawie 16 miesięcy. W tym czasie przeprowadzono wiele testów: bezpieczne uwalnianie mas testowych w warunkach nieważkości, manewrowanie sondą w taki sposób, by zapewnić swobodny spadek mas (system sterujący, zwany „elektrosprejem” wykorzystuje odrzut rozprędzanych w polu elektrycznym cząstek koloidu), zdolność wykonywania interferometrii laserowej w zadanym przedziale częstotliwości (co do tej pory nie było przetestowane na Ziemi), a także trwałość różnych podsystemów sondy: czujników, laserów, optyki i elektroniki.

Końcowe wyniki LISA Pathfinder są bardzo optymistyczne: osiągnięta czułość LISA w przedziale fal o okresach oscylacji od około 10 s do nieco ponad pół dnia, jest o ponad 2 razy lepsza, niż początkowo planowano. LISA została niedawno zaakceptowana jako kolejna, po rentgenowskim satelicie Athena, „duża” misja Europejskiej Agencji Kosmicznej. Dzięki bardzo dobrym wynikom LISA Pathfinder początek misji LISA nastąpi najprawdopodobniej zgodnie z planem, to znaczy w 2034 roku.

Michał BEJGER

Niebo w lipcu

Lipiec to pełnia lata. Często jest to najgorętszy, ale i najbardziej mokry miesiąc w całym roku. Zachmurzenie ma zazwyczaj charakter konwekcyjny, czyli w godzinach popołudniowych formują się chmury burzowe, które zanikają w pierwszej połowie nocy. Dlatego, mimo że noce są krótkie, są one pogodne. Niestety, ciepła noc oznacza, że powietrze silnie faluje, zakłócając obraz w teleskopach – im większe powiększenie, tym widok bardziej zdegradowany.

6 lipca Ziemia przejdzie przez aphelium, czyli najbardziej oddalony od Słońca punkt swojej orbity.

Tego dnia Ziemia jest o mniej więcej 5 mln km dalej od Słońca niż w styczniu, wskutek czego tarcza Słońca jest wtedy najmniejsza (lecz zmiana nie jest tak duża, jak w przypadku Księżycy – jedyne $2'$), a Ziemia porusza się najwolniej w ciągu roku. Dzięki temu lato jest u nas kilka dni dłuższe niż zima. Ma to również znaczenie dla przebiegu zaćmień Słońca, które łatwiej wtedy zakryć Księżycowi w całości, dzięki czemu zaćmienia trwają dłużej.

23 lipca Słońce przekroczy równoleżnik 20° deklinacji w drodze na południe i od tego momentu dnia