

Zmarszczki Wszechświata

Genialny fizyk już na początku ubiegłego stulecia przewidział istnienie fal grawitacyjnych, lecz dotychczas uzyskano jedynie pośrednie dowody ich występowania; samych fal wykryć się nie udało. Wkrótce zostanie uruchomiony ogromny układ detektorów zdolny zarejestrować te rozchodzące się z głębin kosmosu zmarszczki czasoprzestrzeni.

Stanisław Mrówczyński

W 1916 r. Albert Einstein zauważył, analizując równania ledwie co sformułowanej ogólnej teorii względności, że pole grawitacyjne wykazuje własności falowe. Źródłem rozchodzących się z prędkością światła fal grawitacyjnych miały być szybko zmieniające się w czasie układy wielkich mas, np. wirujące gwiazdy. Na skutek pomyłki w obliczeniach Einstein początkowo błędnie sądził, że również układ zachowujący doskonale kulisty kształt może emitować fale. Błąd ten poprawił w kolejnej swojej pracy, jednak i tym razem wielki uczyony nie ustrzegł się pomyłki – ostateczny wynik jego wyliczeń był dwa razy mniejszy niż być powinien.

Podobnego odkrycia „na papierze” dokonał pół wieku wcześniej James Clerk Maxwell, przewidując istnienie fal elektromagnetycznych. W latach 1887–1891 Heinrich Rudolf Hertz wykonał całą serię finezyjnych eksperymentów, w których potwierdził przewidywania wielkiego Szkota. Hertz zbudował układ nadawczy i odbiorczy, pokazał jak generować fale elektromagnetyczne i jak je rejestrować. W wypadku fal grawitacyjnych doświadczenie Hertza jest nie do powtórzenia ze względu na ich fantastyczną wprost nikłość. Fala grawitacyjna emitowana przez drgający elektron jest słabsza od fali elektromagnetycznej wysyłanej przez ten sam elektron o czynnik równy dziesiątce z 50 zerami. Jedynie fale grawitacyjne emitowane podczas kosmicznych kataklizmów takich jak zderzenia gwiazd są dostatecznie intensywne, aby je można było zarejestrować.

Na początku lat 60. próby wykrycia fal grawitacyjnych docierających z kosmosu podjął fizyk amerykański Joseph Weber. Zbudował ważące wiele ton aluminiowe cylindry, które fala grawitacyjna miała wprawiać w niewielkie podłużne drgania. Jednak częstość fali musiała być blisko częstości samoistnych drgań cylindra, aby dzięki zjawisku rezonansu uzyskać odpowiednio duży efekt. Wielokrotnie modyfikowane i udoskonalane detektory pomysłu Webera, które uruchomiono w kilku laboratoriach świata, żadnego wiarygodnego sygnału nie zarejestrowały. Jedną z przypuszczalnych przyczyn porażki był bardzo wąski zakres częstotliwości, w którym detektor Webera może odbierać fale. Jest on bowiem jak czułe radio nastrojone tylko na jedną stację. Jeśli takowa milczy, radio jest bezużyteczne.

Chociaż nie udawało się zaobserwować fal grawitacyjnych, astrofizycy uzyskali pośredni dowód ich istnienia. W 1974 r. Joseph Taylor i Russel Hulse – amerykańscy radioastronomowie z Uniwersytetu w Princeton – odkryli niezwykle układ dwóch wzajemnie się okrążających gwiazd neutronowych, oznaczony symbolem PSR 1913+16. Jedną z tych gwiazd jest pulsarem, który z wielką regularnością wysyła niby latarnia morska radiowe impulsy w kosmiczną przestrzeń. W toku wieloletnich obserwacji stwierdzono, że układ w pełnej zgodności z ogólną teorią względności powoli traci energię, emitując fale grawitacyjne. Taylor i Hulse otrzymali w 1993 r. Nagrodę Nobla za swe odkrycie. Ich niezwykle zaś pulsar wciąż nadaje. Jednak gwiazdy gubiąc energię krążą po coraz ciasniejszej orbicie, aż za jakieś 300 mln lat dojdzie do ich zderzenia. Wtedy pulsar zamilknie, lecz jego śmierci towarzyszyć będzie eksplozja fal grawitacyjnych. Taki właśnie kosmiczny kataklizm, który wedle ocen astrofizyków bynajmniej nie należy do rzadkości, stwarza okazję do zarejestrowania owych fal w ziemskich obserwatoriach.

Wobec porażki Webera łowcy fal grawitacyjnych związali swe nadzieje z zupełnie innym typem urządzenia – tzw. detektorem interferometrycznym. Tworzą go dwa ramiona w kształcie litery L, na końcach których swobodnie zwisają ciężarki. Przejście fali grawitacyjnej lekko nimi zakołysze, a wiązki lasera skierowane wzdłuż ramion pozwolą wykryć te maleńkie wychylenia. Urządzenie może rejestrować fale w szerokim zakresie częstotliwości; wydłużanie zaś ramion detektora pozwala zwiększać jego czułość. Po dwudziestu latach badań, konstruowania coraz większych prototypów, powstał LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) – układ dwóch ogromnych detektorów. Jeden z nich umiejscowiono w Hanford w stanie Washington, drugi zaś w Livingston w Luizjanie. Jednocześnie pojawianie się sygnału w obu oddalonych o tysiące kilometrów detektorach pozwoli na jednoznaczny identyfikację fali grawitacyjnej. Długość ramion każdego detektora wynosi aż 4 km, a wewnątrz tuneli, gdzie biegnie laserowy promień, panuje niemal doskonała próżnia. Budowa tego urządzenia kosztowała 400 mln dolarów.

Pierwszy próbny nasłuch kosmosu planowany jest w połowie 2002 r. Teraz trwa strojenie tego niezwykle instrumentu, który ma osiągnąć pełną sprawność dopiero po pięciu latach. Wówczas, wedle oczekiwań wieloosobowego zespołu fizyków i inżynierów, będzie on potrafił zarejestrować wychylenia ciężarków tak małe jak jedna miliardowa część średnicy atomu. Wykrycie fal grawitacyjnych wydaje się

więc niemal przesądzone. Jednak plany związane z projektem LIGO nie kończą się na samej rejestracji zmarszczek czasoprzestrzeni. Panuje przekonanie, że obserwacja fal grawitacyjnych będzie tylko początkiem nowego działu astronomii.

Przez stulecia światło widzialne, a więc fale elektromagnetyczne o określonej długości, było jedynym źródłem astronomicznej wiedzy. Gdy w XX wieku zaczęto rejestrować docierające z kosmosu fale radiowe, promienie Roentgena, podczerwień, obraz Wszechświata niezwykle się wzbogacił. Poznaliśmy wcześniej nieznane obiekty, jak choćby kwazary czy pulsary. Mogliśmy obserwować kształtowanie się układów planetarnych i wiele innych zjawisk. Opanowanie techniki rejestracji fal grawitacyjnych otwiera zupełnie nowe możliwości. Fale te bowiem niosą informację o najgwałtowniejszych kosmicznych kataklizmach, takich jak sam Wielki Wybuch, w którym narodził się Wszechświat.

Autor jest fizykiem, pracuje w Instytucie Problemów Jądrowych w Warszawie i Akademii Świętokrzyskiej w Kielcach.