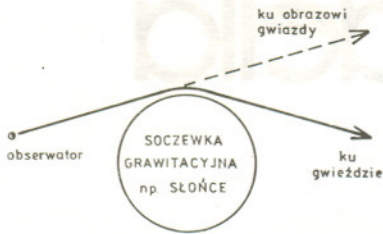
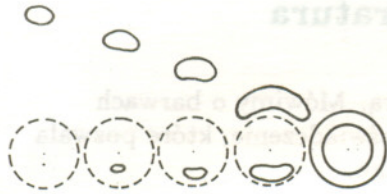


Mikrosoczewkowanie grawitacyjne

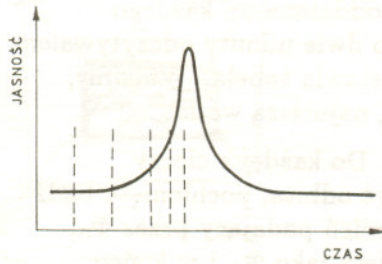
Tomasz KWAST



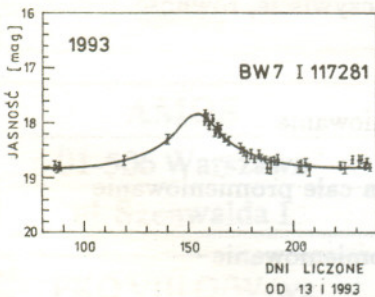
Rys. 1. Ugięcie promienia świetlnego w pobliżu dużej masy spełniającej rolę soczewki grawitacyjnej. Kąt ugięcia mocno wyolbrzymiony.



Rys. 2. a. Zniekształcenie obrazu źródła światła skrywającego się za punktową soczewką grawitacyjną; wyobraża ją punkt w środku okręgu narysowanego linią przerywaną, a sam okrąg obrazuje pierścień Einsteina.



b. Jasność źródła światła w trakcie tego zjawiska (na osiach jednostki umowne). Linie przerywane odpowiadają fazom przedstawionym na rys. 2a.



Rys. 3. Przebieg jasności gwiazdy w oknie Baadego zaobserwowany przez zespół polskich astronomów w 1993 roku. Punkty to obserwacje, linia ciągła to przebieg jasności dopasowany na podstawie OTW.

Do stycznia 1994 roku grupa polskich astronomów odkryła cztery zjawiska mikrosoczewkowania grawitacyjnego.

Według ogólnej teorii względności (OTW) wskutek obecności materii we Wszechświecie przestrzeń nie jest płaska. Mówiąc „po ludzku”, przejawem krzywizny przestrzeni powinno być nieprostoliniowe rozchodzenie się światła. Światło przelatując w pobliżu jakiejś (dużej) masy powinno zostać ugięte ku niej, pozornie tak, jakby fotony po prostu ważyły. W rezultacie zjawisko wygląda podobnie do załamania światła przez zwykłą soczewkę – stąd jego nazwa: soczewkowanie grawitacyjne (patrz np. *Delta* 5/1982, *Postępy Astronomii* 3/1993, *Urania* 6/1993). Każda gwiazda zawsze będzie widoczna na przedłużeniu promienia bezpośrednio wpadającego do oka obserwatora, a nie tam, gdzie jest „naprawdę” (rys. 1). Efekt ten został po raz pierwszy zaobserwowany jako zgodne z przewidywaniami przesunięcie (maksymalnie o $1,75''$) gwiazd widocznych w pobliżu brzegu tarczy Słońca podczas jego zaćmienia w 1919 r., co stało się jednym z najpoważniejszych dowodów poprawności einsteinowskiej teorii grawitacji.

Gdy odległości soczewki grawitacyjnej i źródła światła od obserwatora są ogromne i obiekty te znajdują się niemal na jednej prostej, OTW przewiduje zniekształcenie i pojaśnienie obrazu źródła, ponieważ jego promieniowanie dociera wtedy do obserwatora wieloma różnymi drogami. Wreszcie gdyby znalazły się dokładnie na jednej prostej, pojaśnienie byłoby maksymalne, a wskutek osiowej symetrii tej konfiguracji obrazem źródła stałyby się pierścienie (tzw. pierścienie Einsteina) (rys. 2). Jego kątowny promień jest równy

$$\Theta = \sqrt{\frac{4GM}{c^2} \frac{d_2 - d_1}{d_1 d_2}},$$

gdzie d_1, d_2 oznaczają odległości soczewki i źródła, M masę soczewki, G stałą grawitacji, c prędkość światła. Jeżeli masa ta jest rzędu masy Słońca (przeciętnej gwiazdy), a odległości są rzędu kilku kiloparseków, promień pierścienia Einsteina jest drobnym ułamkiem sekundy łuku (rzędu 10^{-4}), a więc może być niemożliwy do zmierzenia i cała struktura obrazu niemożliwa do rozpoznania. Powinno się jednak dać zmierzyć stosunkowo łatwo pojaśnienie obrazu. Zjawisko to nazwane zostało mikrosoczewkowaniem grawitacyjnym. Należy więc cierpliwie obserwować wiele gwiazd i jeżeli któraś z nich pojaśnieje według określonego przez OTW prawa w skali miesięcy, może to oznaczać, że przesunął się przed nią obiekt spełniający wtedy rolę soczewki grawitacyjnej.

Pomysł takiego programu obserwacyjnego przedstawił kilka lat temu pracujący w USA polski astronom Bohdan Paczyński. Z jego oszacowań wynika, że aby zobaczyć jeden przypadek mikrosoczewkowania, trzeba śledzić jasności – powiedzmy – miliona gwiazd przez rok. Dzięki istnieniu kamer CCD i komputerów zdolnych opracować gigabajty danych przedsięwzięcie to nie jest tak absurdalne, jak mogłoby się z początku zdawać. Przynajmniej dwie grupy obserwatorów doniosły już o sukcesie. Jedną (astronomów australijskich i amerykańskich), kierowaną przez Charlesa Alcocka, zaobserwowała pojaśnienie w marcu 1993 r. gwiazdy w Wielkim Obłoku Magellana o 2 wielkości gwiazdowe. Drugą jest zespół polskich astronomów (Andrzej Udalski, Michał Szymański, Janusz Kałużny, Marcin Kubiak, Wojciech Krzemiński i Amerykanin – Mario Mateo; projekt finansowany jest przez Komitet Badań Naukowych) obserwujących teleskopem w Las Campanas Observatory w Chile najgęściej wypełnione gwiazdami obszary Drogi Mlecznej. Oni z kolei wykryli, że w czerwcu 1993 r. pojaśniała o jedną wielkość gwiazdową jedna z mrowia gwiazd w tzw. oknie Baadego (rys. 3) – jest to jakby tunel między obłokami materii międzygwiazdowej umożliwiający obserwacje gwiazd leżących właściwie już w centralnym zgęszczeniu naszej Galaktyki.

Jeżeli soczewkowa interpretacja obserwacji przetrzyma wszelkie testy, będzie to miało wielkie znaczenie z kilku powodów. Po pierwsze, stanie się jeszcze jednym dowodem słuszności OTW. Po drugie, stanie się argumentem za obecnością w naszej Galaktyce niewidocznej dotychczas materii występującej przynajmniej w formie zwartych ciał (brązowe karły, obiekty planetopodobne). Po trzecie, masa ta musi mieć wpływ na geometrię i ewolucję naszego Wszechświata. Jednak o ilości tej formy ciemnej materii można będzie mówić dopiero w przyszłości, gdy zarejestruje się znacznie więcej takich zjawisk.