

Mikrosoczewkowanie zapewnia wyjątkową możliwość wykrywania obiektów nieświecących. W rzadkich przypadkach, gdy możliwe jest zmierzenie rozmiaru pierścienia Einsteina θ_E i paralaksy mikrosoczewkowej π_E , masa soczewki może zostać wyznaczona na podstawie pomiaru zmian jasności źródła. Wymaga to jednak szczególnych okoliczności - zazwyczaj zarejestrowania jego przejścia przez kaustykę. Alternatywną drogą jest obliczenie rozmiaru pierścienia Einsteina poprzez obserwację tzw. mikrosoczewkowania astrometrycznego, a więc zmiany pozycji centroidu światła w wyniku oddziaływania soczewki. Jest to efekt znacznie bardziej subtelny i trudniejszy do wykrycia niż fotometryczna część zjawiska. Niemniej jednak, wraz z postępem technologicznym zarówno w obserwatoriach naziemnych, jak i kosmicznych, pomiary astrometryczne stają się wykonalne, co może prowadzić do bardziej rutynowego określania θ_E a w konsekwencji także mas soczewek. Jest to szczególnie ekscytujące w kontekście gwiazdowych czarnych dziur - zgodnie z teoretycznymi przewidywaniami, w naszej Galaktyce znajduje się kilkaset milionów tych osobliwych obiektów, jak dotąd wykrywanych jedynie w układach podwójnych. Mikrosoczewkowanie jest jedyną metodą umożliwiającą bezpośrednie obliczenie funkcji mas i rozkładu przestrzennego nieświecących, pojedynczych obiektów znajdujących się w Drodze Mlecznej, jak gwiazdy neutronowe, czy właśnie gwiazdowe czarne dziury.

W niniejszej pracy eksplorujemy możliwości pomiaru zjawiska mikrosoczewkowania astrometrycznego, koncentrując się przede wszystkim na misji kosmicznej Gaia oraz Teleskopie Kosmicznym Nancy Grace Roman - planowanej misji NASA, której start przewidywany jest na rok 2027.

Rozważamy także możliwości płynące z połączenia pomiarów astrometrycznych z przestrzeni kosmicznej z fotometrycznymi obserwacjami naziemnymi. Pozwala to na odpowiednie pokrycie krzywej blasku, co jest niezbędne do dokładnego określenia parametrów, przede wszystkim paralaksy mikrosoczewkowej. W naszych rozważaniach analizujemy kilka przykładowych zjawisk mikrosoczewkowania obserwowanych w ramach misji Gaia, dla których koordynowane były szerokie kampanie naziemnych obserwacji fotometrycznych. Przedstawiamy także jedną z pierwszych detekcji mikrosoczewkowania astrometrycznego, dokonaną dzięki analizie wstępnych danych astrometrycznych z misji Gaia dla zjawiska Gaia16aye, która umożliwiła niezależny pomiar pierścienia Einsteina i masy soczewki.

Na podstawie symulacji danych z teleskopów kosmicznych, a także analizy przykładowych zjawisk obserwowanych przez misję Gaia stwierdzamy, że zjawisko mikrosoczewkowania astrometrycznego, które od strony obserwacyjnej jest znane od niedawna, w ciągu najbliższej dekady znacznie zwiększy naszą wiedzę o Galaktyce. Zostało to zapoczątkowane przez misję kosmiczną Gaia, zaś Teleskop Nancy Grace Roman całkowicie zrewolucjonizuje dziedzinę i podejście do mikrosoczewkowania. Dzięki regularnym pomiarom pierścienia Einsteina możliwe będzie dokładna charakteryzacja znacznej części soczewek, co jest istotne zwłaszcza dla populacji pozostałości gwiazdowych, w szczególności gwiazd neutronowych oraz izolowanych czarnych dziur, które na ogół nie są dostępne badaniom innymi metodami.