

Poszukiwanie mikrosoczewek grawitacyjnych

Adam Gonstal, Kamil Kolasa, Rafał Kornel, Konrad Maliszewski, Anna Olechowska

22 stycznia 2020

Spis treści

1	Abstrakt	3
2	Wstęp	3
2.1	Wstęp teoretyczny	3
2.2	Projekt OGLE	4
3	Analiza danych	5
4	Rezultaty	5
5	Bibliografia	5

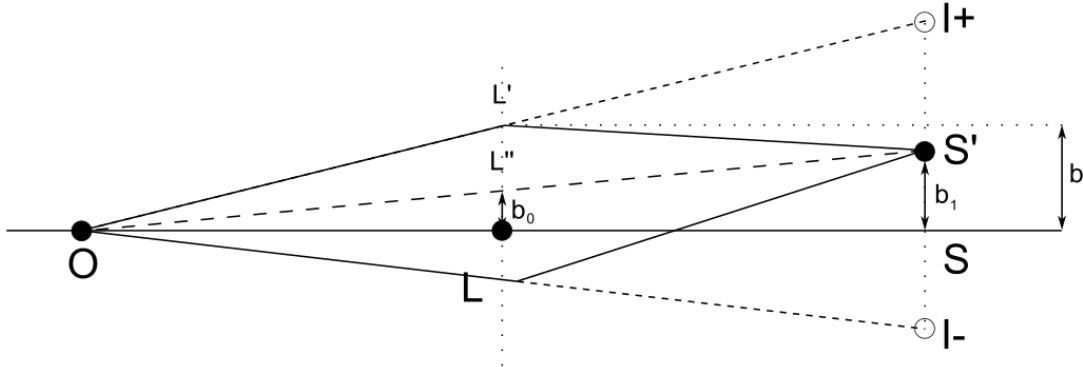
1 Abstrakt

Poniżej opisany projekt studencki polegał na analizie fragmentu danych z projektu OGLE III w celu znalezienia zjawisk mikrosoczewkowania grawitacyjnego. Autorom zostały udostępnione dane z teleskopu w Las Campanas w Chile, dotyczące m.in. pomiarów jasności dla ok. 260 tysięcy gwiazd, zbieranych na przestrzeni ok. 6 lat. W ramach projektu utworzony został algorytm analizujący dane dla każdej gwiazdy i zwracający wykresy zależności jasności od czasu dla tych gwiazd, które według algorytmu mogły dawać efekt soczewki. Około $x\%$ zwróconych gwiazd okazało się rzeczywistymi przypadkami mikrosoczewkowania grawitacyjnego. Ponadto, y ze znalezionych przez algorytm soczewek nie zostały zidentyfikowane przez zespół projektu OGLE III.

2 Wstęp

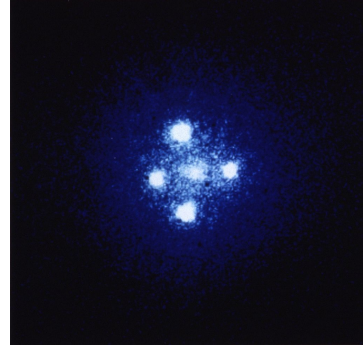
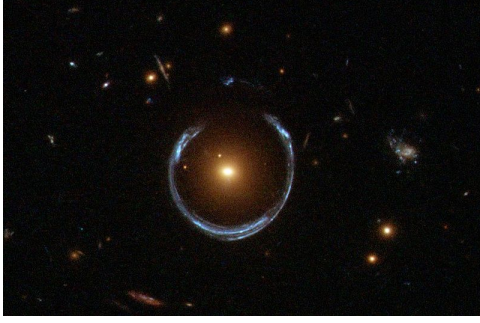
2.1 Wstęp teoretyczny

Zjawisko soczewkowania grawitacyjnego wynika z zakrzywienia czasoprzestrzeni przez masy znajdujące się w niej. Konsekwencją tego jest poruszanie się promieni świetlnych po zakrzywionych torach, tj. najkrótszych możliwych, w przestrzeni Mińkowskiego. W związku z tym, w sytuacji gdy w okolicach linii łączącej źródło światła (np. galaktykę) z obserwatorem znajdzie się odpowiednio duża masa, światło będzie omijać taką masę, co przedstawia Rysunek 2.1.



Rysunek 1: Przykład zjawiska soczewkowania, gdzie źródło S' jest obserwowane jako dwa obrazy $I+$ i $I-[1]$.

Obraz źródła widziany przez obserwatora może ulec różnym deformacjom, tj. rozciągnięciu, przemieszczeniu, kilkukrotnemu odbiciu, a także wzmocnieniu, co w przypadku tego projektu jest najistotniejszym aspektem soczewkowania. Przykłady takiego zjawiska przedstawiają Rysunki 2.1 i 2.1.



Rysunek 2.1: Galaktyka LRG 3-757 soczewkująca obraz galaktyki znajdującej się za nią[2].

Rysunek 2.2: Kwazar Q2237+030 soczewkowany przez galaktykę ZW 2237+030, tzw. krzyż Einsteina[3].

W szczególnych przypadkach, gdy masa soczewkująca jest stosunkowo nieduża, a jej tor ruchu przecina bądź jest bardzo bliski torowi promieni świetlnych od źródła do obserwatora, efekty deformacji obrazu mają zbyt małe rozmiary kątowe, by udało się je zaobserwować z Ziemi. W takich sytuacjach jedyną obserwowalną konsekwencją zajścia soczewki jest wzmocnienie jasności. Ten specyficzny rodzaj soczewkowania nazywany jest mikrosoczewkowaniem grawitacyjnym. Przykładem jego może być obiekt z pobliskiej galaktyki wysyłający ku Ziemi promieniowanie elektromagnetyczne, na którego drodze znajduje się masywna planeta. Wzmocnienie można wyrazić jako wielkość μ , będącą ilorazem strumienia światła bez wzmocnienia oraz z wzmocnieniem. Ponieważ natężenie światła I jest stałe w czasie, będzie to wyłącznie iloraz kątów bryłowych, z których światło dociera do obserwatora.

$$\mu = \frac{Id\Omega}{Id\Omega_0} = \frac{d\Omega}{d\Omega_0} \quad (1)$$

Wzmocnienie można również dobrze opisać za pomocą odległości u źródła światła od soczewki, którą można opisać za pomocą kilku parametrów, które dla danej soczewki można przyjąć jako stałe w trakcie trwania zjawiska. Wspomniane parametry geometryczne mają wpływ na t_E , tj. czas Einsteina. Wielkość b jest wielkością analogiczną do parametru zderzenia i także jest stała. Czas t_0 jest momentem największego wzmocnienia, z kolei jedyną zmienną we wzorze 2 jest czas t .

$$u(t) = \sqrt{\left(\frac{t - t_0}{t_E}\right)^2 + b^2} \quad (2)$$

Znając już zależność $u(t)$ można powiązać ją ze wspomnianym wcześniej wzmocnieniem μ , tj. wyprowadzić wzór 3, zwany także krzywą Paczyńskiego. Przykładową krzywą Paczyńskiego przedstawia Rysunek ???. W skali sześciu lat mikrosoczewka trwająca ok. 70 dni widocznie wyróżnia się skokiem jasności w trakcie trwania zjawiska, co było punktem wyjściowym przy konstrukcji algorytmu i zostanie opisane dokładniej w kolejnych rozdziałach.

$$\mu(u) = \frac{u^2 + 2}{u\sqrt{u^2 + 4}} \quad (3)$$

2.2 Projekt OGLE

Projekt OGLE tj. „Optical Gravitational Lensing Experiment” jest projektem naukowym prowadzonym, przez Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Warszawskiego, w ramach

którego m.in. wykonywane są pomiary jasności gwiazd, mające na celu poszukiwanie zjawisk mikrosoczewkowania.

Dzięki uprzejmości prof. Szymona Kozłowskiego, dostaliśmy **X** plików w, którym jest średnio **Y** pomiarów jasności w przeciągu 6 lat.

3 Analiza danych

4 Rezultaty

5 Bibliografia

Literatura

- [1] https://pl.wikipedia.org/wiki/Soczewkowanie_grawitacyjne#/media/Plik:Dwa_promienie.svg
- [2] https://en.wikipedia.org/wiki/File:A_Horseshoe_Einstein_Ring_from_Hubble.JPG
- [3] https://pl.wikipedia.org/wiki/Krzy%C5%BC_Einsteina#/media/Plik:Einstein_cross.jpg