Astrofizyka współczesna

Gwiazdy – obserwacje a teoria

Wykład 4. 27.X.2009

Przypomnienie: Kontynuowaliśmy rozdz. II "Masy gwiazd". Dokończyliśmy §4 "Gwiazdy wizualnie podwójne z orbitą względną i krzywymi prędkości radialnych obu składników". Szczegółowo omówiłem metodę Marcy'ego i Butlera pomiaru prędkości radialnych gwiazd, polegającą na użyciu jodowej komory absorpcyjnej jako źródła widma porównawczego. Przedstawiłem modyfikację tej metody, wymyśloną przez Konackiego, która pozwala wyznaczać prędkości radialne składników układów SB2. Jako przykład przytoczyłem 64 Piscium = HD 4676. Przerobiliśmy §5 "Gwiazdy wizualnie podwójne z orbitą względną, krzywą prędkości radialnych jednego składnika (SB1) i paralaksą. Przykład: α And. Potem był §6, poświęcony układom SB2 zaćmieniowym typu EA. Przypomniałem, co to jest "układ zaćmieniowy typu EA". Wyjaśniłem na czym polega "rozwiązywanie" krzywej jasności układu zaćmieniowego i pokazałem – jako przykład – elementy fotometryczne BS Dra i porównanie syntetycznej krzywej jasności z obserwowaną. W §7 wymieniłem ważniejsze katalogi gwiazd podwójnych i listy mas składników układów podwójnych.

II. Masy gwiazd (dok.)

8. Dwie metody pośrednie

- Porównanie pozycji gwiazdy na wykresie H-R ze ścieżkami ewolucyjnymi (tzw. masy ewolucyjne)
  - (1) Temperaturę efektywną i moc promieniowania wyznaczamy obserwacyjnie.
  - (2) Ścieżki ewolucyjne wyliczamy albo bierzemy z literatury.

Przykład 1: DK Vir (Jerzykiewicz 2000).

Przykład 2: ν Eri (Dziembowski & Jerzykiewicz 2003).

Zadanie 9: Wyznaczyć masę ewolucyjną DK Vir używając starej wartości paralaksy (z katalogu Hipparcos) i przyjmując, że nadwyżka barwy, $E(B-V) = 0.02$ mag.

Zadanie 10: Na rys. 2 w pracy Dziembowskiego i Jerzykiewicza (2003) ν Eri zajmuje dwie różne pozycje. Dlaczego pozycje te różnią się odciętymi, a dlaczego – rzędnymi?

- Masy mikrosoczewek grawitacyjnych

  (1) Z krzywej jasności otrzymuje się parametry mikrosoczewki w jednostkach kątowego promienia Einsteina $\theta_{\rm E}$, zdefiniowanego jako

  $$\theta_{\rm E} = \sqrt{(4GM)/(c^2D)}, \tag{12}$$

  gdzie $1/D = 1/D_{\rm l} - 1/D_{\rm s}$, a $D_{\rm l}$ i $D_{\rm s}$ są odległościami mikrosoczewki i źródła od obserwatora. W dodatku, z krzywej jasności można określić względny promień źródła

  $$\rho = \theta_{\rm s}/\theta_{\rm E}. \tag{13}$$

  (2) Z jasności i wskaźnika barwy źródła można oszacować $\theta_{\rm s}$ (bo $f_{\rm s} \sim \theta_{\rm s}^2 T_{\rm eff}^4$). Z $\theta_{\rm s}$ i rów. (13) wynika $\theta_{\rm E}$.

  (3) Przyspieszenie orbitalne Ziemi powoduje małe zniekształcenia krzywej jasności w porównaniu z modelem bez przyspieszenia. Efekt ten nazywa się paralaksą mikrosoczewkową (ang. microlens parallax).

  Z paralaksy mikrosoczewkowej możemy wyznaczyć promień Einsteina

  $$r_{\rm E} = \theta_{\rm E} D, \tag{14}$$

  a następnie możemy wyliczyć D, ponieważ $\theta_{\rm E}$ już znamy (patrz p. 2).

  (4) Z rów. (12) otrzymujemy odległość mikrosoczewki

  $$D_{\rm l} = 1/(\theta_{\rm E}/r_{\rm E} + 1/D_{\rm s}) \tag{15}$$

  oraz jej masę

  $$M = (c^2/4G) r_{\rm E} \theta_{\rm E}. \tag{16}$$

Przykład 1: OGLE-2006-BLG-109 (Gaudi et al. 2008).

Przykład 2: OGLE-2008-BLG-279 (Yee et al. 2009).

III. Odległości gwiazd

1. Wstęp

- Odległości gwiazd od Słońca nie są ich atrybutami.
- Względne (tj. w jednostkach reprezentatywnej średnicy gwiazdy) odległości między sąsiednimi gwiazdami są dużo większe niż względne (tj. w jednostkach reprezentatywnej średnicy galaktyki) odległości między sąsiednimi galaktykami.
- Historia prób pomiaru odległości gwiazd jest ciekawa, ale nie mamy na nią czasu.

2. Słońce

   - Od czasów Kopernika wiadomo, że znajomość odległości jednej planety od Ziemi wystarczy do określenia odległości wszystkich planet od Słońca.

     Przykład: Względna odległość Wenus od Słońca.

Zadanie 11: Przypomnieć, jak Kopernik wyznaczał względną odległość Jowisza od Słońca.

   - Radarowe pomiary odległości Wenus (wzmianka).

3. Paralaksy trygonometryczne

   - Przypomnienie: Definicja i jednostki.
   - ICRS = Iternational Celestial Reference System
     Układ odniesienia określony przez 212 pozagalaktycznych radioźródeł;
     zalecany przez MUA (IAU) od 1997 r. (Kołaczek 2004).
   - Historia dokładności obserwacji pozycyjnych (Dick 2000).
   - Obserwacje z powierzchni Ziemi (naziemne)
     - The General Catalogue of Trigonometric Stellar Parallaxes, Fourth Edition, Yale University Observatory (van Altena et al. 1995).
     - Najnowsze paralaksy z obserwacji naziemnych (Biller & Close 2007, Gizis et al. 2007).