Astrofizyka współczesna

Gwiazdy – obserwacje a teoria

Wykład 8. 8.XII.2009

Przypomnienie: Skończyliśmy rozdz. 3 "Odległości gwiazd". Dokończyłem omawianie zastosowania metody jasności powierzchniowej do wyznaczenia odległości OGLEGC 17, układu zaćmieniowego w ω Cen. Wynik: 5360 $\pm$ 300 pc. Jest to także odległość ω Cen.

Zaczęliśmy rozdz. 4 "Promienie gwiazd." W §1 ("Wstęp") zwróciłem uwagę na to, że definicja promienia gwiazdy wymaga założeń, omówiłem metody pomiaru średnicy kątowej Słońca (z której wyliczamy promień, bo znamy odległość) i podałem wyniki. Następnie zaczęliśmy §2 "Średnice kątowe gwiazd". Przypomniałem metodę interferometrii plamkowej i wyjaśniłem, jak wyznacza się średnice kątowe z obserwacji zakryć gwiazd przez Księżyc, powołując się na opis zjawiska dyfrakcji światła na ostrzu. Przytoczyłem przykłady wyników.

IV. Promienie gwiazd (dok.)

2. Średnice kątowe gwiazd (dok.)

- Interferometria amplitudowa (albo Fizeau-Michelsona) w nowoczesnym wydaniu: interferometr Mark III (Shao et al. 1988).
- Interferometria intensywnościowa: Hanbury Brown et al. (1967, 1974).
- Porównanie wyników z interferometrów Mark III i intensywnościowego (Mozurkewich et al. 2003).
- Średnice kątowe cefeid klasycznych
  - Przypomnienie: Cefeidy klasyczne (King & Cox 1968).
  - Interferometryczne pomiary średnic kątowych cefeid (Lane et al. 2002, Kervella et al. 2004a).

3. Promienie

- Przypadek banalny: gwiazdy o znanej paralaksie trygonometrycznej i średnicy kątowej, wyznaczonej jak w poprzednim paragrafie.

Zadanie 22: Z średnic kątowych w Table 5 Mozurkewicha et al. (2003) i paralaks Hipparcosa (starych i nowych) wyliczyć promienie w Mm i $R_\odot$. Przeprowadzić analizę błędów.

- Składniki układów SB2 & EA.

  Przykład: OGLEGC 17 (patrz §6 poprzedniego rozdz.).

- Metoda Baadego-Wesselinka (Wesselink 1946)

  (1) Krzywe jasności, wskaźników barwy i prędkości radialnej η Aql = HR 7570 ($3,^{m}87$, F6 Ib, $P = 7,1778$ d, Evans 1976a)

  - interpretacja krzywej wskaźnika barwy $B - V$,
  - interpretacja krzywej prędkości radialnej.

  (2) Idea metody Baadego-Wesselinka: Zakładamy, że jasność powierzchniowa s_V zależy tylko od $B - V$. W fazach jednakowych $B - V$ różnica jasności musi więc być określona przez stosunek powierzchni w tych fazach (por. rów. 18):

$$\Delta V = V_2 - V_1 = -5 \log \frac{R_2}{R_1}, \tag{20}$$

  dla faz 1 i 2, spełniających warunek $(B - V)_1 = (B - V)_2$. Niezależnie od tego, różnica promieni $R_2 - R_1$ wynika z krzywej prędkości radialnych:

$$R_2 - R_1 = pP \int_1^2 V_r d\varphi, \tag{21}$$

  gdzie V_r jest prędkością radialną względem środka masy gwiazdy, φ – fazą, P – okresem, a p – współczynnikiem wynikającym z pociemnienia brzegowego i skrócenia perspektywicznego; $p = 1,31$ (Parsons 1972, Nardetto et al. 2004). Z R_2/R_1 (rów. 20) i $R_2 - R_1$ (rów. 21) otrzymujemy R_2 i R_1.

  (4) Dyskusja założeń, analiza błędów i wyniki (Evans 1976b).

Zadanie 23: Zbadać korelację między średnimi promieniami cefeid a ich okresami. Dane wziąć z Evans (1976b).

  (5) Połączenie metody Baadego-Wesselinka z metodą jasności powierzchniowej (rozdz. 3, §6) pozwala wyznaczyć odległość cefeidy (patrz np. Gieren et al. 1996). To podejście występuje w literaturze pod nazwą metody paralaks pulsacyjnych albo metody Baadego-Wesselinka; w tym drugim wypadku z kontekstu wynika, czy chodzi o właściwą metodę Baadego-Wesselinka, czy o połączenie tej metody z metodą jasności powierzchniowej.

Zadanie 24: Przyjąć średni promień δ Cephei z Evans (1976b), a średnią jasność i wskaźnik barwy, $V = 3,954$ mag i $B-V = 0,657$ mag. Wyznaczyć odległość gwiazdy metodą jasności powierzchniowej. Zależność s_V od $B-V$ wziąć z Wesselinka (1969). Przedyskutować wpływ ekstynkcji międzygwiazdowej na wynik. Porównać wynik z odległością wynikającą z paralaksy Hipparcosa (nowej).

(6) Jeżeli uda się zmierzyć średnice kątowe cefeidy za pomocą interferometru, a różnice promieni wyznaczyć z krzywej prędkości radialnych, to można otrzymać promień w funkcji fazy i odległość. Metoda ta nazywa się interferometryczną metodą Baadego-Wesselinka (Kervella et al. 2004a, b). Średnie promienie uzyskane w ten sposób mogą posłużyć do badania korelacji $\log P - \log R$, a odległości – do określenia punktu zerowego zależności okres – jasość absolutna.
Uwaga: Interferometryczne średnice kątowe cefeid mogą też zostać użyte do kalibracji (wyskalowania) zależności s_V od wskaźnika barwy, potrzebnej w metodzie paralaks pulsacujnych (patrz p. 5).

V. Strumienie, temperatury efektywne, moce promieniowania i poprawki bolometryczne

1. Słońce

- Integralny strumień promieniowania elektromagnetycznego Słońca, mierzony w odległości jednej jednostki astronomicznej nazywa się stałą słoneczną, $f_\odot$ (ang. solar constant albo irradiance at mean distance).
  Z pomiarów wykonanych podczas Solar Maximum Mission (1980–1989, umbra.nascom.nasa.gov/smm/) wiemy, że $f_\odot = 1367 \pm 2$ W m^{-2}.
- Z powyższej wartości $f_\odot$ wynika, że moc promieniowania Słońca, $L_\odot = (3,844 \pm 0,006) \times 10^{26}$ W.
  Uwaga: W najnowszej literaturze można znaleźć inne wartości $L_\odot$; patrz np. Boothroyd & Sackmann (2003) lub Stix (2002), str. 5 (Uwaga: Stix używa oznaczenia S zamiast $f_\odot$).
- Z $L_\odot$ i promienia (patrz rozdz. 4, §1, p. 3) otrzymujemy integralny strumień promieniowania z powierzchni Słońca, $F_\odot = (6,32 \pm 0,010) \times 10^7$ W m^{-2}.
- Z $F_\odot$ wyliczamy temperaturę efektywną, $T_\odot = 5779 \pm 2,3$ K.

Zadanie 25: Sprawdzić powyższe wyniki. Pamiętać o odchyleniach standardowych. Jednostka astronomiczna, A = 149597870 ± 2 km, a stała Stefana-Boltzmanna, $\sigma = 5,67032 \times 10^{-8}$ W m^{-2} K^{-4}.

2. Kalibracje absolutne

- Obserwacje radiometryczne Pettita i Nicholsona (1928, 1933).