Astrofizyka współczesna

Gwiazdy – obserwacje a teoria

Wykład 6. 24.XI.2009

Przypomnienie: Kontynuowaliśmy rozdz. 3 "Odległości gwiazd". Dokończyliśmy § 3 "Paralaksy trygonometryczne". Omówiłem misję satelity HIPPARCOS i katalogi Hipparcos i Tycho. Wspomniałem o błędach systematycznych paralaks Hipparcosa na przykładzie Plejad. Podałem przykłady paralaks wyznaczonych za pomocą *Fine Guidance Sensor 3* teleskopu Hubble'a. Zapomniałem powiedzieć o planowanych misjach satelitarnych Gaia (ESA) i SIM (NASA).

Przerobiliśmy §4 "Gwiazdy wizualnie podwójne z orbitą względną i krzywymi prędkości radialnych obu składników". Przypomniałem, jak wyznaczono odległości α Vir i 64 Psc i omówiłem wyznaczanie odległości Słońca od środka Galaktyki z obserwacji gwiazdy S2, która obiega centralną czarną dziurę. Zapomniałem podyktować zad. 13.

III. Odległości gwiazd (c.d.)

5. Gromady ruchome

- Metoda gromady ruchomej albo radiantu.
- Odległość Hiad z obserwacji Hipparcosa (Perryman et al. 1998)

  (1) Wyniki
  - astrometryczne: dyspersja prędkości $= 0,3$ km s^{-1}, odległość $= 46,34 \pm 0,27$ pc, moduł odległości $= 3,33 \pm 0,01$ mag,
  - astrofizyczne: $Y = 0,026 \pm 0,02$, wiek $= 625 \pm 50$ Myr.

  (2) Historia pomiarów odległości Hiad. Dygresja: Paralaksa dynamiczna.

Zadanie 14: Wyliczyć paralaksę dynamiczną układu wizualnie podwójnego 70 Oph. Układ składa się gwiazd o typach widmowych K0 V i K4 V i jasnościach $V_A = 4,20$ mag i $V_B = 5,99$ mag. Okres orbitalny wynosi 88,13 lat, a wielka półoś orbity względnej równa się $4\rlap{.}''545$. Porównać wynik z paralaksą trygonometryczną Hipparcosa (starą i nową).

- Odległość Słońca od środka Galaktyki z pomiarów ruchów własnych i prędkości radialnych maserów H_2O w Sgr B2(N) (Reid et al. 1988).

6. Metoda jasności powierzchniowej

- Autor – Wesselink (1969). Metoda składa się z następujących etapów:

  (1) definiujemy jasność powierzchniową gwiazdy w systemie V,

  $$s_{\mathrm{V}} = -2,5 \log F_{\mathrm{V}} = V + 5 \log \vartheta'', \tag{17}$$

  gdzie V jest jasnością gwiazdy, F_{V} – strumieniem z powierzchni gwiazdy w paśmie V, a ϑ'' – średnicą kątowa gwiazdy w sekundach łuku;

  (2) z tej definicji wyprowadzamy związek

  $$s_{\mathrm{V}} = M_{\mathrm{V}} + 5 \log R - 15,15, \tag{18}$$

  gdzie M_{V} jest jasnością absolutną gwiazdy, a R – jej promieniem w $\mathrm{R}_{\odot}$;

  (3) następnie wyznaczamy zależność s_{V} od $B-V$ używając gwiazd o znanych ϑ'', V i $B-V$ (założenie!);

  (4) z zależności $s_{\mathrm{V}}(B-V)$ możemy teraz odczytać s_{V} dla gwiazdy o znanym $B-V$. Jeżeli jest to gwiazda o znanym R, to możemy otrzymać M_{V} z rów. (18), a z M_{V} i V – odległość; odwrotnie: jeżeli jest to gwiazda o znanej jasności absolutnej, to możemy wyznaczyć R.

  (5) Jeżeli gwiazda jest poczerwieniona, to należy poprawić $B-V$ na poczerwienienie, a V – na ekstynkcję międzygwiazdową.

Zadanie 15: Wyprowadzić drugie rów. (17) i rów. (18). Wskazówka: Należy pamiętać, że definicja skali jasności gwiazdowych (tzw. rów. Pogsona) zawiera stałą dowolną.

Zadanie 16: Wyznaczyć jasność absolutną i odległość α Vir A metodę jasności powierzchniowej. Jasność i wskaźnik barwy α Vir A wynoszą $V_{\mathrm{A}} = 0,97 \pm 0,02$ i $(B-V)_{\mathrm{A}} = -0,25 \pm 0,02$. Wartość promienia wziąć z pracy Herbison-Evansa et al. (1971), a zależność s_{V} od $B-V$ – z pracy Wesselinka (1969). Oszacować błąd wyniku.

- Modyfikacje metody jasności powierzchniowej

  (1) Niektórzy autorzy, np. Barnes et al. (1976) i Popper (1998), zamiast $s_{\rm V}$ używają tzw. parametru jasności powierzchniowej:

  $$\mathsf{F}_{\rm V} = const - 0,1V - 0,5\log\vartheta = \log T_{\rm eff} + 0,1BC, \tag{19}$$

  gdzie $T_{\rm eff}$ jest temperaturą efektywną gwiazdy, a BC – poprawką bolometryczną; $const$ zależy od wyboru jednostek ϑ, od temperatury efektywnej Słońca i od jasności bolometrycznej Słońca (która zależy od jasności Słońca w systemie V i przyjętego punktu zerowego skali poprawek bolometrycznych). Np. jeżeli ϑ wyrazimy w tysięcznych sekundy łuku (mas), $T_{\rm eff\odot} = 5770$ K i $M_{\rm bol\odot} = 4{,}76$ (Code et al. 1976), to $const = 4{,}2215$.

  Uwaga: Aby parametr jasności powierzchniowej nie mylił się ze strumieniem z powierzchni gwiazdy, $F_{\rm V}$, w powyższej definicji użyłem innego kroju czcionki niż w rów. (17).

  (2) Barnes & Evans (1976) wykazali, że użycie $V - R$ jako argumentu zależności $\mathsf{F}_{\rm V}$ od wskaźnika barwy daje następujące korzyści: (i) zależność można stosować w zakresie typów widmowych od O5 do M; gwiazdy S i węglowe takżę ją spełniają, (ii) efekty jasnościowe są małe, (iii) w zakresie od A0 do M zależność jest nieczuła na poczerwienienie międzygwiazdowe, (iv) dla gwiazd pulsujących (np. o Cet) zależność jest spełniona dla dowolnej fazy pulsacji. Te same cechy ma, oczywiście, zależność $s_{\rm V}$ od $V - R$. Uwaga: Zależność $\mathsf{F}_{\rm V}(V - R)$ bywa nazywana zależnością Barnesa-Evansa.

Zadanie 17: Wyprowadzić drugie rów. (19). Wartość $const$ wyliczyć dla ϑ w mas, $T_{\rm eff\odot} = 5800$ K i $M_{\rm bol\odot} = 4{,}74$.

Zadanie 18: Przedyskutować powyższy p. 2.iii, tj. nieczułość zależności Barnesa-Evansa na poczerwienienie międzygwiazdowe.

- Zastosowanie: metoda jasności powierzchniowej pozwala wyznaczać odległości układów SB2 & EA.

Przykład: Wyznaczanie dległość OGLEGC 17, układu zaćmieniowego w ω Cen, metodą jasności powierzchniowej (Thompson et al. 2001).

Zadanie 19: W pracy Thompsona i in. (2001) Table 1 zawiera jasności i wskaźniki barwy układu zaćmieniowego OGLEGC 17. W przypadku Min I (drugi wiersz tabeli) niektóre liczby są niezgodne z tym, co autorzy piszą w tekście pod tabelą. Wyliczyć jasności i wskaźniki barwy słabszego składnika układu używając (1) danych z tabeli i (2) danych z tekstu. Porównać wyniki z jasnościami i wskaźnikami barwy słabszego składnika, podanymi w tekście.