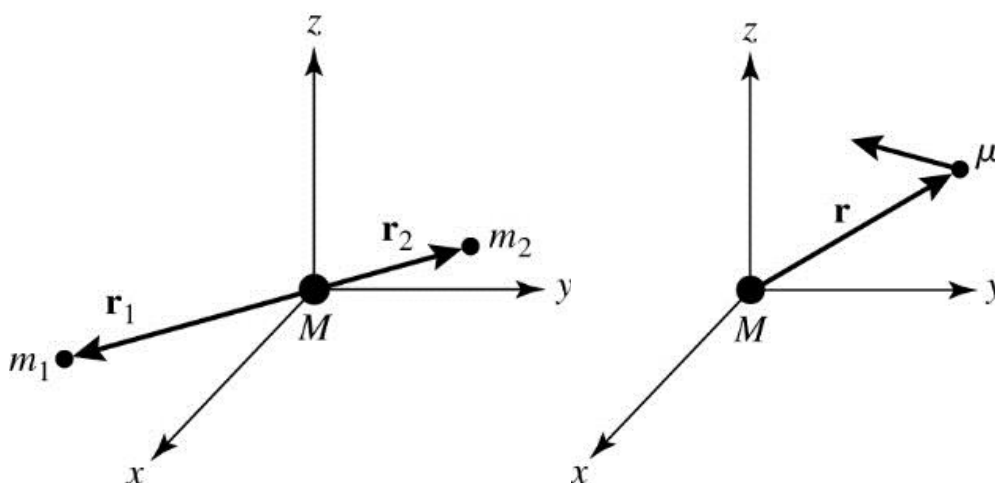


Astronomija i astrofizika I

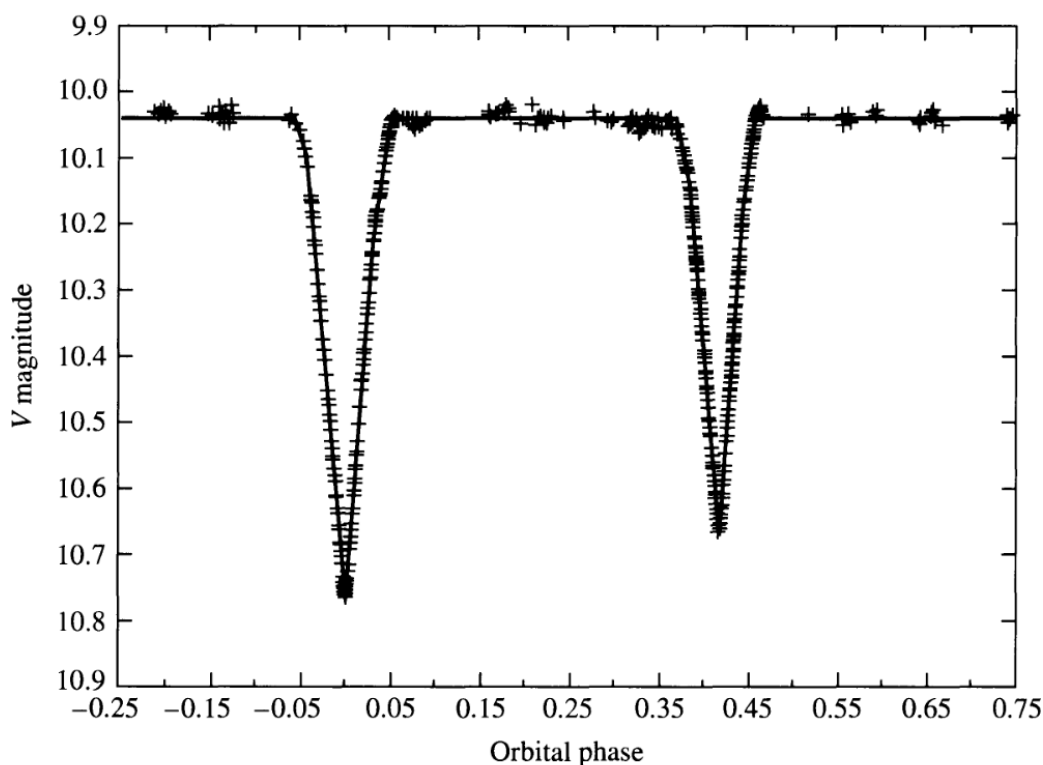
1. Dvojni zvjezdani sustavi

1. Opažan je pomrčinski spektroskopski dvojni sustav u čijem su spektru vidljive obje komponente. Analiza spektra pokazuje periodičnost s periodom $P = 8.6$ godina, najveći Dopplerov pomak vodikove Balmerove $H\alpha$ linije ($\lambda = 656.281$ nm) u iznosu od $\Delta\lambda_1 = 0.072$ nm za manju komponentu i samo od $\Delta\lambda_1 = 0.072$ nm za veću komponentu dvojnog sustava. Krivulja brzina je gotovo sinusoidalna što upućuje na gotovo kružne orbite, sinkronizaciju orbita i plimsko zaključavanje. Orbitalna ravnina se u odnosu na ravninu projekcije na nebu nalazi pod kutom od 90° .
 - a. Odredite najveće radijalne brzine i velike poluosi komponentata, te veliku poluos za reduciranu masu.
 - b. Iz svjetlosne krivulje određena je razlika u vremenu između prvog i zadnjeg kontakta manje komponente prilikom pomrčine koje iznosi $t_b - t_a = 11.7$ sati, dok vrijeme za koje se manja komponenta nalazi iza veće iznosi $t_c - t_b = 164$ dana. Koliko iznose radijusi i mase komponentata?
 - c. Fotometrijskim opažanjima je iz svjetlosne krivulje moguće odrediti prividnu zvjezdanu veličinu dvojnog sustava u maksimumu sjaja te u minimumu sjaja tijekom dva pomrčinska perioda. U maksimumu sjaja bolometrijska prividna zvjezdana veličina iznosi $m_{\text{bol},0} = 6.3$, dok su bolometrijske prividne zvjezdane veličine u primarnom minimumu $m_{\text{bol},1} = 9.6$, a u sekundarnom minimumu $m_{\text{bol},2} = 6.6$. Koliko iznosi omjer tokova zračenja i efektivnih temperatura primarne i sekundarne komponente?
2. Promatrajte dvije zvijezde u orbiti oko zajedničkog centra mase. Pokažite da velika poluos orbite reducirane mase iznosi $a = a_1 + a_2$ ako je a_1 velika poluos orbite zvijezde mase m_1 , a a_2 velika poluos orbite zvijezde m_2 .



3. Promatrajte dvije zvijezde u kružnim orbitama oko zajedničkog centra mase koje se nalaze na udaljenosti a . Kut inklinacije orbite iznosi i , a zvjezdani polumjeri su a_1 i a_2 . Odredite:
 - a. Izraz za najmanji kut inklinacije za koji je još uvijek moguće vidjeti pomrčinu.
 - b. Najmanji kut inklinacije za koji je još uvijek moguće vidjeti pomrčinu u sustavu u kojem zvijezde imaju polumjere $10 R_{\text{Sun}}$ i $1 R_{\text{Sun}}$, a međusobno su udaljene 2 AU .

4. Sirius je vizualna dvojna zvijezda s periodom 49.94 godina i trigonometrijskom paralaksom $0.37921'' \pm 0.00158''$. Pod pretpostavkom da se orbitalna ravnina nalazi u istoj ravnini kao i nebeska projekcija orbite, pravi kutni promjer velike poluosi reducirane mase iznosi $7.61''$. Omjer udaljenosti Siriusa A i Siriusa B od centra mase iznosi $a_A/a_B = 0.466$. Masa Sunca iznosi $M_{\text{Sun}} = 1.99 \cdot 10^{30}$ kg, Sunčev luminozitet $L_{\text{Sun}} = 3.85 \cdot 10^{26}$ W, a apsolutni bolometrijski sjaj $+4.74$ mag. $1 \text{ pc} = 3.086 \cdot 10^{13}$ km.
- Odredite mase svake komponente sustava.
 - Apsolutni bolometrijski sjaj Siriusa A iznosi 1.36, a Siriusa B 8.79. Odredite njihove luminozite u jedinicama Sunčevih luminozитета.
 - Efektivna temperatura Siriusa B iznosi oko $24\,790 \pm 100$ K. Odredite njegov radijus i usporedite ga sa radijusom Sunca i Zemlje ($R_{\text{Sun}} = 6.96 \cdot 10^5$ km, $R_{\text{Earth}} = 6370$ km).
5. Određeni su orbitalni period $P = 6.31$ godina i najveće radijalne brzine komponenta A i B u iznosu od 5.4 km/s i 22.4 km/s u pomrčinski spektroskopski dvojnomo sustavu na osnovu svjetlosne krivulje i krivulje brzina. Vrijeme između prvog kontakta i najmanjeg sjaja ($t_b - t_a$) iznosi 0.58 dana, trajanje primarnog minimuma ($t_c - t_b$) iznosi 0.64 dana, dok su prividni bolometrijski sjajevi u maksimumu, primarnom i sekundarnom minimumu redom 5.40 mag, 9.20 mag, 5.44 mag. Pod pretpostavkom kružne sinkronizirane orbite i na osnovu ovih podataka, odredite:
- Omjer masa komponentata.
 - Ukupnu masu sustava pod pretpostavkom da je $i \approx 90^\circ$.
 - Mase pojedinih komponentata.
 - Polumjere pojedinih komponentata pod pretpostavkom kružnih orbite.
 - Omjer efektivnih temperatura komponentata.
6. Na slici je prikazana svjetlosna krivulja dvojne pomrčinske zvijezde YY Sgr u V pojasu. Odredite omjer temperatura dviju komponentata u sustavu.



7. ζ Phe je spektroskopski dvojna zvijezda s periodom od 1.67 dana i gotovo kružnim orbitama. Najveći izmjereni Dopplerovi pomaci svjetlije i tamnije komponente iznose 121.4 km/s i 247 km/s.
- Odredite $m \sin^3 i$ za svaku komponentu.
 - Odredite pojedinačne mase komponentata uzevši u obzir statističku vrijednost $\sin^3 i$ koja uzima u obzir selekcijski efekt Dopplerovog pomaka.
8. Podaci iz opažanja dvojnih sustava koriste se za izradu odnosa masa-luminozitet. Također postoji i korelacija između mase i efektivne temperature zvijezda. Konstruirajte graf koji će prikazati tu ovisnost kao $\log T_e$ u ovisnosti o $\log (M/M_{\text{Sun}})$. Koristite podatke iz rada Popper, 1980, Annual Review of Astronomy and Astrophysics, 18, 115, i to podatke iz tablica 2, 4, 7 (izuzmite sustav α Aur) i 8 (uzmite u obzir samo zvijezde spektralnog tipa u koloni 'Sp' koje završavaju s rimskim brojem V (zvijezde glavnog niza)). Zvijezde koje su isključene u tablicama 7 i 8 su razvijene zvijezde sa strukturom koja se bitno razlikuje od zvijezda glavnog niza. Članak se nalazi na poveznici: <http://tinyurl.com/pwv5965>.