

Pitanja i zadaci za Županijsko natjecanje iz astronomije 2013.

3. razred srednje škole

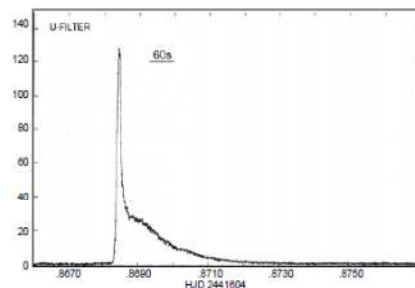
8. ožujka 2013.

Pitanja

1. Koja je od sljedećih tvrdnji o Merкуру netočna?
(a) **Zbog male udaljenosti od Sunca, uvijek se nalazi nisko iznad horizonta;**
(b) Perihel mu se tokom stoljeća zakreće;
(c) Albedo mu je sličan albedu Mjeseca;
(d) Orbita mu je vrlo izdužena elipsa.
2. Spektralna linija, koja se u spektru Sunca nalazi na 612,22 nm u spektru Barnardove zvijezde opažena je na 612,00 nm. To ukazuje na sljedeće:
(a) Prelazak zvijezde u fazu crvenog diva;
(b) Prelazak zvijezde u fazu plavog diva;
(c) **zvijezda nam se približava;**
(d) zvijezda se udaljava od nas.
3. Pojedinačni kemijski spojevi se u molekularnim oblacima identificiraju:
(a) Iz emisijskih spektara zvijezda koje se nalaze iza tih oblaka;
(b) **Opažanjem u infracrvenom i mikrovalnom dijelu spektra;**
(c) Opažanjem u vidljivom i ultraljubičastom dijelu spektra;
(d) Detekcijom kozmičkih zraka.
4. Temperatura zvijezda najlakše se mjeri:
(a) **Primjenom Wienovog zakona;**
(b) Mjerenjem apsolutne zvjezdane veličine;
(c) Iz omjera perioda i luminoziteta;
(d) Usporedbom sa spektrom Sunca.
5. Masa Mjeseca je najpreciznije određena:
(a) Mjerenjem amplituda plime;
(b) Mjerenjem kašnjenja plime;
(c) Mjerenjem razlika u težini u različitim Mjesečevim fazama;
(d) **Opažanjem prividnog gibanja Sunca među zvijezdama.**

6. Koja je od sljedećih tvrdnji o kromosferi Sunca točna?
- (a) Nalazi se odmah ispod fotosfere;
 - (b) U njenom spektru dominiraju emisijske linije;**
 - (c) Kad pogledamo u Sunce, zapravo vidimo kromosferu;
 - (d) Njena temperatura opada s visinom.

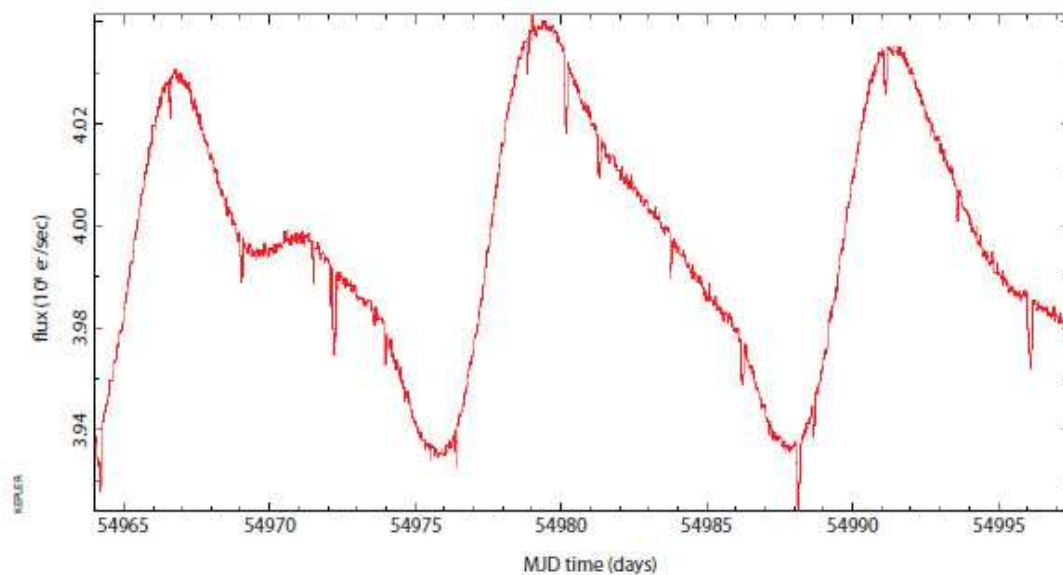
7. Priložena slika najvjerojatnije prikazuje:
- (a) Emisijski spektar vodika tipične zvijezde;
 - (b) Krivulju sjaja cefeide;
 - (c) Spektar asteroida;
 - (d) Krivulju sjaja eksplozivne promjenjive zvijezde.**



8. Koji sustav najbolje odgovara sljedećem opisu: sustav je dvojni, pri čemu je udaljenost među komponentama vrlo mala, a orbitalna brzina velika. Zbog velike blizine komponenti uobičajenim metodama ih ne možemo razlučiti. Jedina evidencija dvojnosti sustava proizlazi iz preciznog mjerenja spektra. Naime, promatrajući taj sustav, opažamo periodičko udvostučavanje i ponovno spajanje spektralnih linija. Radi se o:
- (a) Zvijezdi oko koje kruži relativno mali planet;
 - (b) Planetu s malim satelitom;
 - (c) Spektroskopski dvojnem zvjezdanom sustavu;**
 - (d) Dvojnem sustavu u kojemu je jedna komponenta crna rupa.
9. Zamislite da se Zemlja nalazi na takvoj orbiti da joj je udaljenost od Sunca 0,5 a.j. Ako bismo tu udaljenost definirali kao 1 a.j., onda bi parsek, u odnosu na “naš parsek”, bio:
- (a) Jednak;
 - (b) 2× manja udaljenost;**
 - (c) 2× veća udaljenost;
 - (d) Jednak iznosu godine svjetlosti.
10. Teleskopska opažačka potvrda heliocentričnog modela Sunčevog sustava je:
- (a) Opažanje Sunčevih pjega;
 - (b) Iznos Hubbleove konstante;
 - (c) Emisijski spektar Sunca;
 - (d) Mjerenje paralakse zvijezda.**

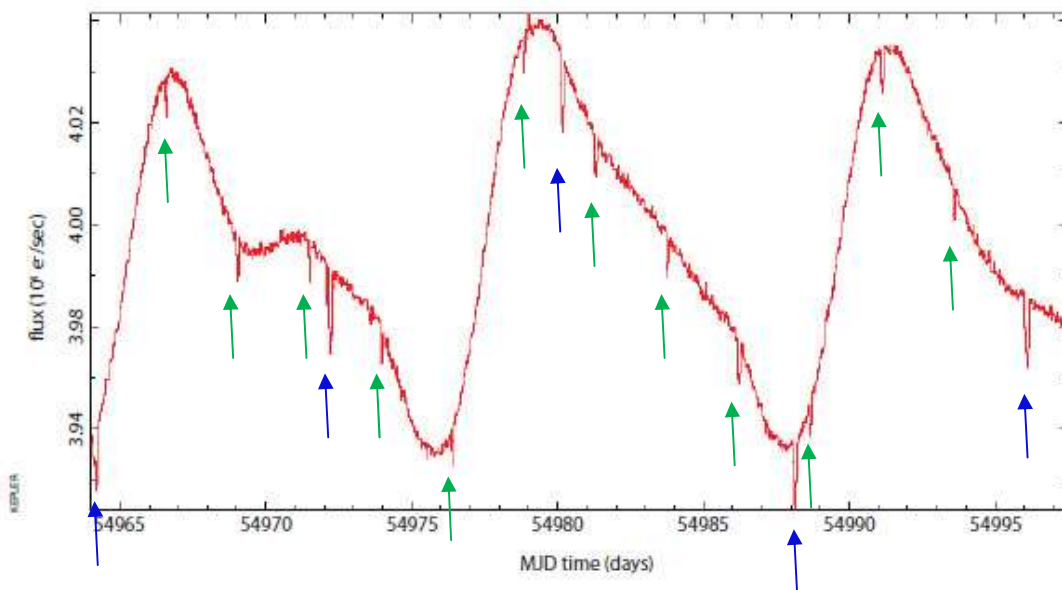
Zadaci

1. Sustav Kepler 007447200 (izvor: Kepler Mission, <http://kepler.nasa.gov/>) sastoji se od zvijezde i dva planeta.
 - (a) Na priloženoj krivulji sjaja označite tranzite prvog i drugog planeta;
 - (b) Odredite periode revolucije za oba planeta;
 - (c) Odredite omjer udaljenosti od matične zvijezde za oba planeta.



Rješenje:

- (a) Prvi planet je označen zelenom, a drugi plavom strelicom (nije potrebno označiti sve pojedinačne tranzite, bitno je samo da ih učenik prepozna)



2 boda

- (b) Na slici se očita nekoliko tranzita (JD) za planet 1 i planet 2, odredi se razmak među njima ($\Delta JD = JD_{i+1} - JD_i$) npr.

Planet 1		Planet 2	
JD	ΔJD	JD	ΔJD
54966,6		54964,2	
54969,2	2,6	54972,2	8
54971,5	2,3	54980,2	8
54973,8	2,3	54988,1	7,9

Dakle, period revolucije planeta 1 je

$$p_1 = \frac{(2,6 + 2,3 + 2,3) \text{ dana}}{3} = 2,4 \text{ dana}$$

1 bod

Priznaju se sva rješenja u intervalu od 2 do 3 dana

a planeta 2 $p_2 = \frac{(8 + 8 + 7,9) \text{ dana}}{3} = 8,0 \text{ dana}$

1 bod

Priznaju se sva rješenja u intervalu od 7,5 do 8,5 dana

- (c) Iz 3. Keplerovog zakona dobivamo omjer:

$$\frac{a_1}{a_2} = \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{2/3}$$

2 boda

Dakle:

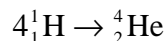
$$a_1 : a_2 = \left(\frac{2,4}{8} \right)^{2/3} = 0,44 = 1 : 2,23 \text{ (nije bitno kako učenik izrazi taj omjer!)}$$

1 bod

Priznaju se sva rješenja u intervalima od 2 do 2,5 za a_2

Ukupno: 7 bodova

2. Pretpostavite da se Sunce (masa $M_0 = 2 \cdot 10^{30}$ kg, luminoznost $L_0 = 3,846 \cdot 10^{26}$ J s⁻¹) na početku sastoji samo od vodika (relativna atomska masa je $M_H = 1,00794$). Izračunajte, u tom slučaju, koliko će Sunce (u godinama) dugo biti u glavnoj sekvenci HR dijagrama, ako u tom vremenu 10% vodika nuklearnom reakcijom:



prijeđe u helij ($M_{\text{He}} = 4,0026$)? Za energiju oslobođenu nuklearnim reakcijama treba koristiti relaciju: $E = mc^2$.

Rješenje:

$$T = 0,1 \frac{E}{L_0}$$

(faktor 0,1 dolazi iz zahtjeva za pretvorbom 10% vodika)

2 boda

$$E = \Delta mc^2 \quad (\Delta m \text{ je razlika mase do koje dolazi pri pretvorbi vodika u He})$$

Iz jednadžbe nuklearne reakcije:

$$\Delta m = 4m_H - m_{\text{He}}$$

$$\Delta m = 0,02916 \text{ u} = 4,84 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$$

1 bod

(to je smanjenje mase do kojeg dolazi pri jednoj fuziji). Energija koja nastaje jednom fuzijom:

$$E_0 = 4,356 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

1 bod

Ako se Sunce na početku sastoji samo od vodika, onda će se za vrijeme boravka Sunca u glavnoj sekvenci HR dijagrama dogoditi N fuzija, koje su dane iz omjera mase Sunca i mase vodikovog atoma:

$$N = 0,1 \frac{M_0}{4m_{\text{H}}} \text{ (faktor 4 u nazivniku proizlazi iz jednačbe fuzije)}$$

1 bod

Energija koja se u to doba proizvede:

$$E = NE_0 = 0,1 \frac{M_0}{4m_{\text{H}}} E_0 = 0,1 \frac{M_0}{4m_{\text{H}}} \Delta mc^2 = 0,1 \frac{M_0}{4m_{\text{H}}} (4m_{\text{H}} - m_{\text{He}}) c^2$$

2 boda

$$E = 1,302 \cdot 10^{44} \text{ J}$$

$$T = 3,385 \cdot 10^{17} \text{ s} = 1,07 \cdot 10^{10} \text{ godina}$$

1 bod

Ukupno: 8 bodova

3. Prividna zvjezdana veličina Siriusa A je -1.43^m , a nalazi se na udaljenosti od 8,58 gs. Znamo da je njegov polumjer $R_S = 1,68 R_0$. Na kojoj valnoj duljini je maksimum intenziteta zračenja i kolika je površinska temperatura Siriusa A, ako su parametri Sunca sljedeći: $M_0 = 4,7^m$, $L_0 = 3,846 \cdot 10^{26} \text{ J s}^{-1}$, $T_0 = 5780 \text{ K}$, $\lambda_0 = 501 \text{ nm}$? Štefan-Boltzmannova konstanta je $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ J s}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ K}^{-4}$, a Wienova konstanta $b = 2.898 \cdot 10^{-3} \text{ m K}$.

Rješenje:

Iz prividne zvjezdane veličine Siriusa i njegove udaljenosti dobivamo njegovu apsolutnu zvjezdanu veličinu:

$$M = m + 5(1 - \log D)$$

U ovom izrazu treba voditi računa da je udaljenost

1 bod

D u parsecima:

$$D = \frac{8,58 \text{ gs}}{3,2616 \text{ gs pc}^{-1}} = 2,63 \text{ pc}$$

$$M = -1,43 + 5(1 - \log 2,63) = 1,47^m$$

1/2 boda

Iz apsolutne zvjezdane veličine možemo dobiti luminozitet sljedećim izrazom:

$$M_0 - M = 2,512 \log \left(\frac{L}{L_0} \right)$$

1 bod

Iz toga dobivamo izraz za luminoznost Siriusa:

$$L = L_0 \cdot 10^{(M_0 - M)/2,512}$$

1/2 boda

$$L = 7,457 \cdot 10^{27} \text{ J s}^{-1}$$

Luminoznost je definirana i preko Štefan-Boltzmanovog zakona:

$$L = 4\pi\sigma R^2 T^4$$

2 boda

Iz čega dobivamo površinsku temperaturu Siriusa:

$$T = \sqrt[4]{\frac{L}{4\pi\sigma R^2}}$$

1/2 boda

$$T = 9900 \text{ K}$$

Valnu duljinu zračenja na kojem Sirius A najintenzivnije zrači možemo dobiti na dva načina (svejedno je koji način izabere učenik):

(a) Iz Wienovog zakona:

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T} \text{ gdje je } b \text{ Wienova konstanta}$$

1 bod

$$\lambda_{\max} = 293 \text{ nm}$$

1/2 boda

(b) Iz poznatih vrijednosti za Sunce:

$$\lambda = \frac{\lambda_0 T_0}{T}$$

$$\lambda = 293 \text{ nm}$$

Ukupno: 7 bodova

4. Rad (energija) potreban za podizanje tereta mase 1 kg na visinu od 1 cm na pulsaru jednak je radu potrebnom za podizanje 10^6 t na 1 m visine na Zemlji. Ako pulsar ima masu 1,5 Sunčevih i period rotacije 0,002 s, koliki je radijus i brzina rotacije na ekvatoru pulsara u usporedbi s brzinom svjetlosti? Masa Sunca je $M_0 = 2 \cdot 10^{30}$ kg, masa Zemlje $M_Z = 6 \cdot 10^{24}$ kg, a radijus Zemlje $R_Z = 6,4 \cdot 10^3$ km.

Rješenje:

Rad je definiran kao umnožak sile i puta:

$$W = Fs$$

Za podizanje mase m na visinu h :

$$W = mgh$$

1 bod

Iz usporedbe rada na pulsaru u odnosu na rad na Zemlji:

$$W_p = W_Z$$

$$m_p g_p h_p = m_Z g_Z h_Z$$

dobivamo odnos ubrzanja sile teže na pulsaru u odnosu na Zemlju:

$$\frac{g_p}{g_Z} = \frac{m_Z h_Z}{m_p h_p}$$

$$\frac{g_p}{g_Z} = \frac{10^9 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m}}{1 \text{ kg} \cdot 0,01 \text{ m}} = 10^{11}$$

2 boda

[NAPOMENA: bodovi se priznaju i ako učenik samo izvede izraz, bez računanja omjera ubrzanja sile teže.]

Sad, iz Newtonovog zakona gravitacije, na površini Zemlje:

$$F_Z = G \frac{m_Z M_Z}{R_Z^2} = m_Z g_Z$$

a na površini pulsara:

$$F_p = G \frac{m_p M_p}{R_p^2} = m_p g_p$$

prema tome, dobivamo:

$$\frac{g_p}{g_Z} = \frac{M_p R_Z^2}{M_Z R_p^2}$$

2 boda

Iz toga dobivamo izraz za radijus pulsara:

$$R_p = R_Z \sqrt{\frac{M_p g_Z}{M_Z g_p}} = R_Z \sqrt{\frac{M_p m_p h_Z}{M_Z m_Z h_p}}$$

1 bod

$$R_p = 6,4 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \sqrt{\frac{1,5 \cdot 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}}{6 \cdot 10^{24} \text{ kg}} \cdot 10^{-11}} = 14311 \text{ m}$$

1/2 boda

Brzina rotacije na ekvatoru je dana izrazom:

$$v = R_p \omega = \frac{2R_p \pi}{T}$$

1 bod

$$v = \frac{2 \cdot 14311 \text{ m} \cdot \pi}{0,002 \text{ s}} = 4,5 \cdot 10^7 \text{ m s}^{-1}$$

$$\frac{v}{c} = \frac{4,5 \cdot 10^7 \text{ m s}^{-1}}{3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}} = 0,15$$

1/2 boda

$$v = 0,15 c$$

Ukupno: 8 bodova