

Rješenja ispita za županijsku razinu  
Natjecanja iz astronomije 2023. godine

Svaki od sljedećih zadataka ima samo jedan točan odgovor. Zaokruži ga.

2	
---	--

1. Površinska temperatura planeta u planetnim sustavima ovisi o njihovoj udaljenosti od središnje zvijezde, no velik utjecaj na nju ima i sama atmosfera planeta, na što ukazuje mjera postotka zračenja koje je reflektirano od atmosfere koju nazivamo:

a) konjunkcija

**b) albedo**

c) precesija

d) luminozitet

2	
---	--

2. Prvi svemirski laboratorij posvećen preciznim astrometrijskim mjerenjima bio je satelit Hipparcos, koji je mogao izmjeriti paralakse s točnošću od 1 lučne milisekunde. Kao njegova modernoga nasljednika Europska svemirska agencija 2013. godine lansirala je svemirsku letjelicu na kojoj se nalaze instrumenti koji omogućuju mjerenje paralakse s 10 puta boljom točnošću. Ime je te letjelice:

**a) Gaia**

b) Venus Express

c) Solar Orbiter

d) Chandra

2	
---	--

3. Površinska je temperatura Sunca:

a)  $5,778 \cdot 10^2 \text{ K}$

**b)  $5,778 \cdot 10^3 \text{ K}$**

c)  $5,778 \cdot 10^4 \text{ K}$

d)  $5,778 \cdot 10^5 \text{ K}$

2	
---	--

4. Standardne su svijeće astronomski objekti poznatoga luminoziteta koji su bitni za određivanje udaljenosti u svemiru. Koje od sljedećih pojava klasificiramo kao standardne svijeće?

a) kometi dugoga perioda

b) nepravilne galaksije

**c) supernove tipa Ia**

d) crne rupe

2	
---	--

5. Kuglaste skupove najčešće nalazimo u:

- a) galaktičkome disku
- b) galaktičkome zadebljanju
- c) galaktičkome halou**
- d) određenim spiralnim krakovima Mliječne staze

**Nadopuni sljedeće izjave.**

2	
---	--

6. Henrietta Swan Leavitt 1912. na osnovi je analize fotografija Maloga Magellanova oblaka otkrila da za 25 opaženih promjenjivih zvijezda tipa **cefeida** vrijedi da im je period **dulji** što im je luminozitet veći.

2	
---	--

7. Svemirski teleskop James Webb svemir opaža u rasponu valnih duljina od 0,6  $\mu\text{m}$  do 28  $\mu\text{m}$  što obuhvaća narančastu i crvenu svjetlost te blisko i srednje područje **infracrvenog** zračenja.

2	
---	--

8. U svibnju 2022. godine prvi je put u javnost puštena fotografija supermasivne crne rupe u središtu galaksije **Mliječne staze** napravljena velikim radiointerferometrom Event Horizon Telescope.

**(prihvaćaju se i alternativni nazivi Mliječne staze)**

2	
---	--

9. Unatoč apsorpciji svjetlosti na kemijskim elementima prisutnima u Sunčevoj atmosferi te tomu da fotosfera nije homogena gustoće, spektar Sunčeva zračenja gledan iz Zemljine orbite može se aproksimirati spektrom **crnog tijela**.

2	
---	--

10. Neutralni atom **vodika** zrači specifično zračenje valne duljine 21,106 cm što odgovara frekvenciji od približno **1420** MHz.

### Zadaci

1. Procjenjuje se da crveni superdiv Betelgez u usporedbi sa Suncem ima oko 900 puta veći radius i 126000 puta veći luminozitet. Odredi kolika je površinska temperatura Betelgeza.

$$R_B = 900R_\odot$$

$$L_B = 126000L_\odot \quad (1 \text{ bod})$$

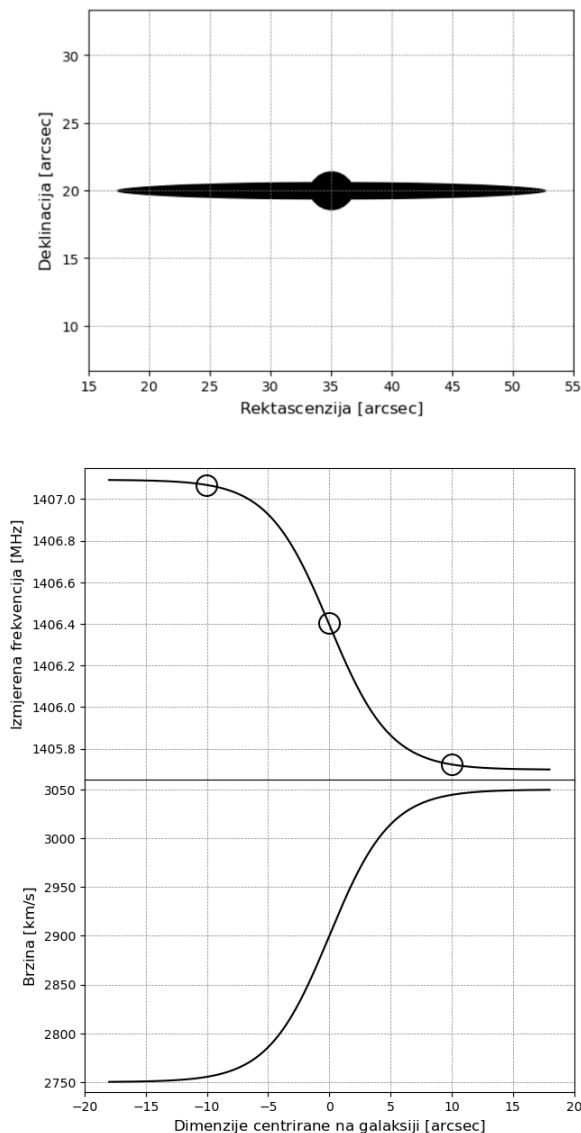
$$L = 4\pi\sigma R^2 T^4 \quad (1 \text{ bod})$$

$$\frac{L_B}{L_\odot} = \frac{R_B^2 T_B^4}{R_\odot^2 T_\odot^4} \quad (1 \text{ bod})$$

$$T_B = T_\odot \sqrt[4]{\frac{R_\odot}{R_B}} \sqrt[4]{\frac{L_B}{L_\odot}} \quad (1 \text{ bod})$$

$$= 5778 \text{ K} \sqrt[4]{\frac{1}{900}} \sqrt[4]{126000} = 3629 \text{ K} \quad (1 \text{ bod})$$

2. Gornja slika prikazuje hipotetsko opažanje neke spiralne galaksije čiji je položaj takav da je vidimo bočno na disk. Na donjem grafu prikazana je ovisnost frekvencije (na kojoj je opažena linija na 21,106 cm) o opaženim dimenzijama galaksije. Fokusrirajući se na tri točke označene na grafu, izračunaj brzine neutralnoga plina vodika u tim područjima galaksije, skiciraj ovisnost brzine (u km/s) o opaženim dimenzijama galaksije te zaključi u kojemu smjeru rotira galaksija na slici.



Upute: Za brzinu svjetlosti upotrijebi vrijednost  $c = 299792458 \text{ m/s}$  i, ako je potrebno, relaciju između frekvencije  $f$  i valne duljine  $\lambda$  elektromagnetskih valova:  $f \times \lambda = c$ .

$$f_e = 1420 \text{ MHz} \quad (0.5 \text{ boda})$$

$$z = \frac{v}{c} = \frac{f_e - f_0}{f_0} \quad (1 \text{ bod})$$

$$v = c \frac{f_e - f_0}{f_0} \quad (1 \text{ bod})$$

Točka	Frekvencija (MHz)	Brzina (km/s)
Lijeva	1407,1	2750
Srednja	1406,4	2901
Desna	1405,7	3052

(4,5 bodova = 0.5 boda za svaku točno očitano frekvenciju, 1 bod za svaku točno izračunatu brzinu; rezultati izračunatih brzina koji odstupaju od vrijednosti u tablici do 5% priznaju se kao točni ako su nastali kao posljedica zaokruživanja)

Točno skiciran graf ovisnosti brzine o dimenzijama. (1 bod)

Smjer rotacije na temelju frekvencije i crvenog pomaka:

S obzirom da lijeva točka ima veću opaženu frekvenciju, tj. manji crveni pomak, taj dio galaksije giba se prema nama. S druge strane, budući da desni dio galaksije ima manju opaženu frekvenciju, tj. veći crveni pomak, taj dio se giba od nas.

Smjer rotacije na temelju brzine:

Brzina galaksije izmjerena u različitim točkama galaksije jednaka je vektorskom zbroju gibanja galaksije u svemiru i vlastite brzine rotacije. Budući da je za sve (osim lokalnih galaksija) gibanje galaksije usmjereno od nas, a središte smatramo da nema značajnu brzinu rotacije, razlika u brzinama između središta i rubova spiralne galaksije reći će nam o smjeru rotacije. U ovom slučaju je razlika brzina između lijevog i središnjeg dijela galaksije negativna, što znači da se taj dio giba prema nama, dok za desni dio galaksije dobivamo pozitivnu razliku brzina koja ukazuje da se taj dio galaksije giba od nas.

(1 bod za točan smjer rotacije)

3. Za varijabilne zvijezde cefeide izmjerena je ovisnost između njihova luminoziteta  $L_c$  i perioda varijabilnosti  $P$  koja otprilike iznosi  $L_c[L_\odot] = 335 P[\text{dani}]$ . Za zvijezdu Delta Cefeja izmjeran je period varijabilnosti od 5,4 dana te paralaksa 3,3 mas (lučne milisekunde). Za neku drugu nepoznatu cefeidu izmjeran je period varijabilnosti od 54 dana te je njezin sjaj gledano sa Zemlje 1000 puta manji od Delte Cefeja.

a) Odredi luminozitet obiju cefeida te odredi koliko je puta sjajnija cefeida većega sjaja od one manjega sjaja. Rezultat izrazi u jedinicama Sunčeva luminoziteta.

b) Izračunaj udaljenosti druge cefeide od Zemlje.

c) Za nepoznatu cefeidu odredi paralaksu. Je li moguće izvršiti mjerenje te paralakse?

Obrazloži odgovor.

$$L_c[L_\odot] = 335 P[\text{dani}]$$

$$P_\delta = 5,4 \text{ dana}$$

$$p_\delta = 3,3 \text{ mas}$$

$$P_2 = 54 \text{ dana}$$

$$\text{a) } L_\delta = 335 P_\delta = 1809 L_\odot \quad (0,5 \text{ boda})$$

$$L_2 = 335 P_2 = 18090 L_\odot \quad (0,5 \text{ boda})$$

$$L_2 = 10 L_\delta \quad (1 \text{ bod})$$

$$\text{b) } f = \frac{L}{4\pi d^2} \quad (1 \text{ bod})$$

$$f_2 = \frac{1}{1000} f_\delta \quad (1 \text{ bod})$$

$$\frac{L_2}{4\pi d_2^2} = \frac{1}{1000} \frac{L_\delta}{4\pi d_\delta^2} \quad (1 \text{ bod})$$

$$d_2 = d_\delta \sqrt{1000 \frac{L_2}{L_\delta}} = 100 d_\delta \quad (1 \text{ bod})$$

$$d_2 = \frac{100}{p_\delta} \quad (1 \text{ bod})$$

$$= \frac{100}{3,3 \times 10^{-3}} = 30303,03 \text{ pc} = 30,3 \text{ kpc} \quad (1 \text{ bod})$$

$$\text{c) } p_2 = \frac{1}{d_2} = \frac{1}{30303,03 \text{ pc}} = 3,3 \times 10^{-5} " \quad (1 \text{ bod})$$

$$p_2 = 3,3 \times 10^{-2} \text{ mas} = 0,033 \text{ mas} < 0,1 \text{ mas} \quad (1 \text{ bod})$$

Budući da je paralaksa druge cefeide manja od točnosti koju može postići Gaia, trenutno najprecizniji teleskop za mjerenje paralaksi (vidi pitanje br. 2 s ponuđenim odgovorima), paralaksu ove cefeide ne bismo mogli izmjeriti. (1 bod)

4. Na karti neba naznači i napiši imena uz zvijezda Maloga medvjeda, Trokuta, Andromede, Oriona i Cefeja te zvijezde Sjevernjaču, Deltu Cefeja i Betelgez te naznači lokacije galaksija M31 i M33.

Svaki točan odgovor nosi 0,5 boda.

