

Županijsko natjecanje iz astronomije

Razred ili kategorija natjecanja: 4. razred srednje škole

Zaporka

--	--	--	--	--

Broj postignutih bodova/ ukupan broj bodova:

Pitanja: _____ / 20.

Zadaci: _____ / 30.

Ukupno: _____ / 50.

Postotak riješenosti testa _____ %.

Potpis članova Povjerenstva

1. _____

2. _____

3. _____

(mjesto i nadnevak)

Županijsko natjecanje iz astronomije sastoji se iz pisane provjere znanja (testa) u trajanju dva školska sata. Pisana provjera znanja (test) sastoji se od 10 pitanja koja se boduju po 2 boda, ukupno 20 bodova i 4 zadatka koja ukupno nose 30 bodova, a ukupan broj bodova na pisanoj provjeri znanja je 50. Uz svako pitanje i zadatak upisan je maksimalan broj bodova te ucrtano mjesto za upis ostvarenih bodova.

Ukoliko učenici trebaju dodatni papir za rješavanje zadataka, treba im ponuditi ovjereni bijeli papir.

Rješenja pitanja i zadataka za Županijsko natjecanje iz astronomije
2017. g.

4. razred srednje škole

28. ožujka 2017. g.

PITANJA

Zaokružite točan odgovor:

1. U kojem dijelu elektromagnetskog spektra se nalazi maksimum kozmičkog pozadinskog zračenja?

2	
---	--

- a) područje dugih radiovalova
- b) mikrovalno područje**
- c) infracrveno područje
- d) optičko područje
- e) ultraljubičasto područje

2. Koja je, nakon Sirijusa, druga najsjajnija zvijezda stajačica na nebeskom svodu?

2	
---	--

- a) Vega (α Lyr)
- b) Alfa Centauri (α Cen)
- c) Kanopus (α Car)**
- d) Arktur (α Boo)
- e) Kapela (α Aur)

3. Jedno od navedenih otkrića je učinio njemački astronom Johannes Kepler. Koje?

2	
---	--

- a) otkriće da Venera pokazuje mijene slične Mjesečevim
- b) otkriće najvećeg Saturnovog satelita Titana
- c) otkriće periodičnosti pojavljivanja Sunčevih pjega
- d) otkriće nutacije Zemljine osi
- e) otkriće da je Marsova staza oko Sunca eliptična**

4. Koliko traje jedna Galaktička godina?

2	
---	--

- a) 1 godinu
- b) 26000 godina
- c) 26 milijuna godina
- d) 90 milijuna godina
- e) 230 milijuna godina**

5. Prema kojemu od navedenih astronoma **nije** nazvana niti jedna vrsta ili tip teleskopa?

2	
---	--

- a) Johannes Kepler (1571.-1630.)
- b) William Herschel (1738.-1822.)
- c) James Nasmyth (1808.-1890.)
- d) James Edward Keeler (1857.-1900.)**
- e) George Willis Ritchey (1864.-1945.)

Nadopunite ili odgovorite:

6. Koja vrsta nebeskog tijela održava svoju hidrostatsku ravnotežu u stabilnom stanju zahvaljujući tlaku degeneriranog elektronskog plina u svojoj unutrašnjosti?

2	
---	--

Bijeli patuljak

7. Koji je plin glavni sastojak (95%) Marsove atmosfere?

2	
---	--

Ugljikov dioksid

8. Neposredno prije početka, odnosno kraja koje nebeske pojave se mogu vidjeti tzv. Baileyeve biseri?

2	
---	--

Potpune (totalne) pomrčine Sunca

(Napomena: ako je samo navedeno **pomrčina Sunca** 1 bod)

9. Kako se zove prva zvijezda stajačica kojoj je 1920. g. Albert Michelson izmjerio prividni kutni promjer korištenjem interferometrije?

2	
---	--

Betelgez (Betelgeuze, Betelgeuse)

10. Koja su tri kemijska elementa, nastala nukleosintezom neposredno nakon Velikog praska, postojala u ranom svemiru?

2	
---	--

Vodik, helij, litij

(Napomena: navedena dva elementa - 1 bod; nijedan ili jedan element - 0 bodova)

ZADACI

1. Oko nekog nebeskog tijela oblika kugle kruži umjetni satelit točno uz površinu. Za jedan ophod mu je potrebno 140 minuta. Akceleracija sile teže na površini tog nebeskog tijela iznosi 1 m/s^2 . Kolika je prosječna gustoća, masa i polumjer tog nebeskog tijela? Zanimajte njegovu rotaciju.

Gravitacijska konstanta iznosi: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$.

8	
---	--

$$T = 140 \text{ min} = 8400 \text{ s}$$

$$g = 1 \text{ m/s}^2$$

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$$

$$\rho = ?$$

$$M = ?$$

$$r = ?$$

$$F_c = F_G \Rightarrow \frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2} \Rightarrow \frac{4r^2\pi^2}{T^2} = \frac{GM}{r}$$

$$\frac{r^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2} \Rightarrow r^3 = \frac{GMT^2}{4\pi^2} \quad (1 \text{ bod})$$

$$M = V \cdot \rho = \frac{4}{3}r^3\pi \cdot \rho \Rightarrow \rho = \frac{M}{\frac{4}{3}r^3\pi} \quad (1 \text{ bod})$$

$$\rho = \frac{M}{\frac{4}{3}r^3\pi} = \frac{M}{\frac{4}{3} \cdot \frac{GMT^2}{4\pi^2} \cdot \pi} = \frac{3\pi}{GT^2} \quad (1 \text{ bod})$$

$$\rho = \frac{3\pi}{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2} \cdot (8400)^2 \text{ s}^2} = 2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \quad (1 \text{ bod})$$

$$m \cdot g = \frac{GMm}{r^2}; \quad M = V \cdot \rho = \frac{4}{3}r^3\pi \cdot \rho \quad (1 \text{ bod})$$

$$g = \frac{G \cdot \rho \cdot \frac{4}{3}r^3\pi}{r^2} = G \cdot \rho \cdot \frac{4}{3}r\pi \Rightarrow r = \frac{3g}{4G\rho\pi} \quad (1 \text{ bod})$$

$$r = \frac{3 \cdot 1 \text{ m/s}^2}{4 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2} \cdot 2000 \text{ kg m}^{-3} \cdot \pi} = 1,79 \cdot 10^6 \text{ m} = 1790 \text{ km} \quad (1 \text{ bod})$$

$$M = V \cdot \rho = \frac{4}{3}r^3\pi \cdot \rho = \frac{4}{3}(1,79 \cdot 10^6)^3 \text{ m}^3 \cdot \pi \cdot 2000 \text{ kg m}^{-3} = 4,8 \cdot 10^{22} \text{ kg} \quad (1 \text{ bod})$$

Ukupno: 8 bodova

II. način:

$$F_c = F_G \Rightarrow \frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2} \Rightarrow v^2 = \frac{GM}{r} \Rightarrow M = \frac{gr^2}{G} \quad (1 \text{ bod})$$

$$m \cdot g = \frac{GMm}{r^2} \Rightarrow r^2 = \frac{GM}{g} \quad (1 \text{ bod})$$

$$v^2 = \omega^2 r^2 = \frac{4\pi^2 r^2}{T^2} = \frac{GM}{r} \quad (1 \text{ bod})$$

$$\frac{4\pi^2 GM}{T^2 g} = \frac{GM}{r} \Rightarrow r = \frac{gT^2}{4\pi^2} \quad (1 \text{ bod})$$

$$r = \frac{1 \text{ m/s}^2 \cdot (8400 \text{ s})^2}{4\pi^2} = 1,787 \cdot 10^6 \text{ m} \approx 1790 \text{ km} \quad (1 \text{ bod})$$

$$M = \frac{gr^2}{G} = \frac{1 \text{ m/s}^2 \cdot (1,79 \cdot 10^6 \text{ m})^2}{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}} = 4,8 \cdot 10^{22} \text{ kg} \quad (1 \text{ bod})$$

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{3M}{4\pi r^3} \quad (1 \text{ bod})$$

$$\rho = \frac{3 \cdot 4,8 \cdot 10^{22} \text{ kg}}{4\pi \cdot (1,79 \cdot 10^6 \text{ m})^3} = 2000 \text{ kg/m}^3 \quad (1 \text{ bod})$$

Ukupno: 8 bodova

2. Planet se nalazi na udaljenosti od 1 AJ (150 milijuna km) od crvenog patuljka apsolutne zvjezdane veličine $15,6^m$. Na kojoj udaljenosti od planeta (izraženo u AJ) se mora nalaziti zvijezda apsolutne zvjezdane veličine $6,1^m$ kako bi prividni sjaj obje zvijezde, gledano s planeta, bio isti.

6	
---	--

$$M_{cp} = 15,6^m$$

$$r_{cp} = 1 \text{ AJ}$$

$$M_z = 6,1^m$$

$$r_z = ?$$

Iz definicije parseka:

$$1 pc = \frac{1}{\tan \frac{1}{3600}} = 206265 \text{ AJ} = 3,09 \cdot 10^{13} \text{ km} \Rightarrow 1 \text{ AJ} = \frac{1}{206265} \text{ parseka} \quad (1 \text{ bod})$$

$$m_{cp} = M_{cp} - 5 + 5 \log r_{cp} \quad (1 \text{ bod})$$

$$m_{cp} = 15,6 - 5 + 5 \log \frac{1}{206265} = -16^m \quad (1 \text{ bod})$$

$$m_{cp} = m_z \quad (1 \text{ bod})$$

$$m_z = M_z - 5 + 5 \log r_z \Rightarrow \log r_z = \frac{m_z + 5 - M_z}{5}$$

$$r_z = 10^{\frac{m_z + 5 - M_z}{5}} \quad (1 \text{ bod})$$

$$r_z = 10^{\frac{-16 + 5 - 6,1}{5}} = 10^{-3,42} = 3,8 \cdot 10^{-4} \text{ parseka}$$

$$r_z = 78,4 \text{ AJ} \approx 80 \text{ AJ} \quad (1 \text{ bod})$$

Ukupno: 6 bodova

II. način:

$$m = M - 5 + 5 \log r \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_{cp} = M_{cp} - 5 + 5 \log r_{cp} ; m_z = M_z - 5 + 5 \log r_z \quad (1 \text{ bod})$$

$$m_{cp} = m_z \Rightarrow M_{cp} - 5 + 5 \log r_{cp} = M_z - 5 + 5 \log r_z \quad (1 \text{ bod})$$

$$5(\log r_{cp} - \log r_z) = M_z - M_{cp} \Rightarrow \log \frac{r_{cp}}{r_z} = \frac{M_z - M_{cp}}{5} \quad (1 \text{ bod})$$

$$\frac{r_{cp}}{r_z} = 10^{\frac{M_z - M_{cp}}{5}} \Rightarrow r_z = \frac{r_{cp}}{10^{\frac{M_z - M_{cp}}{5}}} = r_{cp} \cdot 10^{-\frac{M_z - M_{cp}}{5}} \quad (1 \text{ bod})$$

$$r_z = r_{cp} \cdot 10^{-\frac{6,1-15,6}{5}} = r_{cp} \cdot 10^{1,9} \quad (1 \text{ bod})$$

$$\frac{r_z [\text{pc}]}{r_{cp} [\text{pc}]} = \frac{r_z [\text{AJ}]}{r_{pc} [\text{AJ}]} \Rightarrow r_z [\text{AJ}] = 10^{1,9} r_{cp} [\text{AJ}] = 79,4 \cdot 1 \text{ AJ} = 79,4 \text{ AJ} \approx 80 \text{ AJ} \quad (1 \text{ bod})$$

Ukupno: 6 bodova

Napomena: Razlika u iznosu rješenja je relativno velika uslijed zaokruživanja iznosa eksponenta. Priznati kao točno rješenje bilo koji iznos između 77 AJ i 81 AJ.

3. Apsolutna bolometrijska zvjezdana veličina bijelog patuljka iznosi 14^m . Na koliko udaljenosti od njega bi se trebalo nalaziti nebesko tijelo slično našem Mjesecu da bi projektna efektivna temperatura na njemu bila jednaka kao i na Mjesecu? Izračunajte iznos te temperature. Prosječna udaljenost Mjeseca od Sunca iznosi 150 milijuna kilometara. Albedo Mjeseca iznosi 0,136, a promjer mu je 3476 km. Apsolutna bolometrijska veličina Sunca je $4,8^m$, a luminozitet Sunca iznosi $3,83 \cdot 10^{26}$ W. Stefan-Boltzmannova konstanta iznosi $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$.

8	
---	--

$$\begin{aligned} M_{bp} &= 14^m \\ d_{Mj} &= 1,5 \cdot 10^8 \text{ km} \\ A_{Mj} &= 0,136 \\ 2r_{Mj} &= 3476 \text{ km} \\ M_{Sun} &= 4,8^m \\ L_{Sun} &= 3,83 \cdot 10^{26} \text{ W} \\ \sigma &= 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{bp-M} &= ? \\ T_{ef} &= ? \end{aligned}$$

Solarna konstanta na Mjesecu:

$$F_M = \frac{L_{Sun}}{4d_{Mj}^2 \pi} = \frac{3,83 \cdot 10^{26} \text{ W}}{4(1,5 \cdot 10^{11} \text{ m})^2 \pi} = 1355 \text{ W/m}^2$$

Ukupna snaga zračenja koja dolazi na površinu Mjeseca:

$$L_{uk} = F_M \cdot r_{Mj}^2 \cdot \pi = 1355 \text{ Wm}^{-2} \cdot (1,738 \cdot 10^6 \text{ m})^2 \cdot \pi = 1,29 \cdot 10^{16} \text{ W} \quad (1 \text{ bod})$$

Iznos snage zračenja koju apsorbira Mjesec:

$$L_{uk-A} = (1 - A_{Mj}) \cdot L_{uk} = (1 - 0,136) \cdot 1,29 \cdot 10^{16} \text{ W} = 1,11 \cdot 10^{16} \text{ W} \quad (1 \text{ bod})$$

$$L_{uk-A} = \sigma S_{Mj} T_{ef}^4 = \sigma \cdot 4 \cdot r_{Mj}^2 \cdot \pi \cdot T_{ef}^4 \Rightarrow T_{ef} = \sqrt[4]{\frac{L_{uk-A}}{\sigma \cdot 4 \cdot r_{Mj}^2 \cdot \pi}} \quad (1 \text{ bod})$$

$$T_{ef} = \sqrt[4]{\frac{1,11 \cdot 10^{16} \text{ W}}{5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4} \cdot 4 \cdot (1,738 \cdot 10^6 \text{ m})^2 \cdot \pi}} = 268 \text{ K} \quad (1 \text{ bod})$$

$$\frac{L_{Sun}}{L_{bp}} = 2,512^{M_{bp} - M_{Sun}} \quad (1 \text{ bod})$$

$$L_{bp} = \frac{L_{Sun}}{2,512^{M_{bp} - M_{Sun}}} = \frac{3,83 \cdot 10^{26} \text{ W}}{2,512^{14 - 4,8}} = 8 \cdot 10^{22} \text{ W} \quad (1 \text{ bod})$$

$$L_{bp} = F_{Mj} \cdot 4(d_{bp-M})^2 \pi \Rightarrow d_{bp-M} = \sqrt{\frac{L_{bp}}{F_{Mj} \cdot 4\pi}} \quad (1 \text{ bod})$$

$$d_{bp-M} = \sqrt{\frac{8 \cdot 10^{22} \text{ W}}{1355 \text{ Wm}^{-2} \cdot 4\pi}} = 2,17 \cdot 10^9 \text{ m} = 2,17 \text{ milijuna km} \quad (1 \text{ bod})$$

Ukupno: 8 bodova

4. Na CCD detektoru u spektroskopu opaženo je da je spektralna linija helija laboratorijske valne duljine 501,6 nm u spektru neke zvijezde pomaknuta za 17 piksela prema crvenom dijelu spektra. Razlučivost spektrometra iznosi 0,002 nm/pikselu. Ekliptička duljina zvijezde iznosi $\lambda_z = 47^\circ 55'$, a ekliptička širina $\beta_z = -26^\circ 45'$. U vrijeme snimanja spektra ekliptička duljina Sunca je iznosila $\lambda_{\text{Sun}} = 223^\circ 14'$. Odredite brzinu zvijezde u odnosu na Sunce. Brzina Zemlje na stazi oko Sunca iznosi 29,8 km/s. Koliko iznosi izmjerena valna duljina maksimuma zračenja te zvijezde ako je njena efektivna temperatura 7200 K? Wienova konstanta iznosi $b = 2,9 \cdot 10^{-3}$ mK, a brzina svjetlosti je $3 \cdot 10^5$ km/s.

8	
---	--

$$\lambda_0 = 501,6 \text{ nm}$$

$$\Delta x = 17 \text{ px}$$

$$D = 0,002 \text{ nm/px}$$

$$\lambda_z = 47^\circ 55' = 47,917^\circ$$

$$\beta_z = -26^\circ 45' = -26,75^\circ$$

$$\lambda_{\text{Sun}} = 223^\circ 14' = 223,233^\circ$$

$$T_{\text{ef}} = 7200 \text{ K}$$

$$v_{z-S} = ?$$

$$\lambda_{\text{max}} = ?$$

$$\Delta \lambda = \Delta x \cdot D = 17 \text{ px} \cdot 0,002 \text{ nm/px} = 0,034 \text{ nm} \quad (1 \text{ bod})$$

Brzina zvijezde u odnosu na Zemlju:

$$v_{z-Z} = z \cdot c = \frac{\Delta \lambda}{\lambda_0} \cdot c \quad (1 \text{ bod})$$

$$v_{z-Z} = \frac{0,034 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{501,6 \cdot 10^{-9} \text{ m}} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1} = 2,03 \cdot 10^4 \text{ m/s} = 20,3 \text{ km/s} \quad (1 \text{ bod})$$

Brzina zvijezde u odnosu na Sunce:

$$v_{z-S} = v_{z-Z} - v_Z \cdot \sin(\lambda_z - \lambda_{\text{Sun}}) \cdot \cos \beta_z \quad (1 \text{ bod})$$

$$v_{z-S} = 20,3 \text{ km/s} - 29,8 \text{ km/s} \cdot \sin(47,917^\circ - 223,233^\circ) \cdot \cos(-26,75^\circ)$$

$$v_{z-S} = 20,3 \text{ km/s} - 29,8 \text{ km/s} \cdot (-0,08166) \cdot 0,893 = 20,3 \text{ km/s} + 2,2 \text{ km/s} = 22,5 \text{ km/s} \quad (1 \text{ bod})$$

$$b = \lambda_m \cdot T_{\text{ef}} \Rightarrow \lambda_m = \frac{b}{T_{\text{ef}}}$$

$$\lambda_m = \frac{2,9 \cdot 10^{-3} \text{ mK}}{7200 \text{ K}} = 402,78 \text{ nm} \quad (1 \text{ bod})$$

$$v_{z-Z} = z \cdot c = \frac{\lambda_{\text{max}} - \lambda_m}{\lambda_m} \cdot c \Rightarrow v_{z-Z} \cdot \lambda_m = c \cdot \lambda_{\text{max}} - c \cdot \lambda_m$$

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{v_{z-Z} \cdot \lambda_m + c \cdot \lambda_m}{c} \quad (1 \text{ bod})$$

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{2,03 \cdot 10^4 \text{ m/s} \cdot 4,0278 \cdot 10^{-7} \text{ m} + 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \cdot 4,0278 \cdot 10^{-7} \text{ m}}{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 4,0281 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 402,81 \text{ nm}$$

$$(1 \text{ bod})$$

Ukupno: 8 bodova