

Pitanja i zadaci za
Županijsko natjecanje iz astronomije 2013.
4. razred srednje škole
8. ožujka 2013.

Zaporka					
riječ			peteroznamenasti broj		

Pitanja

Zaokružite slovo ispred točnog odgovora ili dopunite rečenicu (svaki točan odgovor donosi 2 boda)

1. Bijeli patuljak, neutronska zvijezda i crna rupa su
- a) faze u razvoju svake zvijezde
 - b) ostaci zvijezda**
 - c) objekti iz kojih nastaju zvijezde
 - d) hipotetska nebeska tijela

Rješenje: b (2 boda)

2. Bar u jednoj fazi svog života zvijezda sjaji zbog termonuklearne fuzije vodika u helij.

Rješenje: vodika, helij (2 boda)

NAPOMENA: kao točni odgovori priznaju se i kemijske oznake elemenata: H, He.

3. Planetarna maglica je
- a) stari naziv za galaksiju
 - b) vrsta zvjezdanog skupa
 - c) maglica iz koje nastaju planeti
 - d) ljuska ioniziranog plina izbačenog sa zvijezde**

Rješenje: d (2 boda)

4. Ostaci i udarni val supernove koji dosegnu bliski molekularni oblak mogu u njemu potaknuti nastanak zvijezda iduće generacije.

Rješenje: supernove (2 boda)

5. Broj galaksija u svemiru je približno:

- a) 10^6
- b) 10^8
- c) 10^9
- d) **10^{11}**

Rješenje: d (2 boda)

6. Većina galaksija u svojem središtu ima supermasivnu crnu rupu.

Rješenje: supermasivnu (2 boda)

7. Inflacija je:

- a) nagli porast cijena teleskopa i ostale astronomske opreme
- b) alternativa teoriji velikog praska
- c) **rana faza iznimno brzog širenja svemira**
- d) faza u razvoju zvijezde pri kojoj se formira crveni div

Rješenje: c (2 boda)

8. Veliki prasak je:

- a) **najbolji model ranog razvoja svemira koji trenutno imamo**
- b) tek jedan od mnogih modela koji dobro opisuju rani razvoj svemira
- c) zvuk koji nastaje pri probijanju zvučnog zida
- d) zvuk pucanja stakala na ruskim zgradama pri upadu čeljabinskog meteorida

Rješenje: a (2 boda)

9. Stefan–Boltzmannov zakon i Wienov zakon mogu se izvesti iz

- a) opće teorije relativnosti
- b) Hubbleovog zakona
- c) **Planckovog zakona**
- d) Rayleigh–Jeansovog zakona

Rješenje: c (2 boda)

10. Efektivna temperatura zvijezde je temperatura crnog tijela koje bi emitiralo isti iznos elektromagnetskog zračenja.

Rješenje: crnog tijela (2 boda)

Zadaci

1. Jedan od najudaljenijih kvazara, ULAS J1120+0641, ima kozmološki pomak prema crvenome jednak čak 7,085. Kojom se brzinom taj kvazar udaljava od

nas? UPUTA: Umjesto približnog izraza $z \approx \frac{v}{c}$ (koji vrijedi samo za brzine koje su male u usporedbi s brzinom svjetlosti) valja koristiti općeniti izraz za kozmološki pomak prema crvenome $1+z = \sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}}$ gdje je $\beta = \frac{v}{c}$ (6 bodova)

Rješenje:

Iz općenitog izraza za kozmološki pomak prema crvenome

$$1+z = \sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}}$$

slijedi

$$(1+z)^2 = \frac{1+\beta}{1-\beta} \quad (1 \text{ bod})$$

$$(1+z)^2(1-\beta) = 1+\beta$$

$$(1+z)^2 - \beta(1+z)^2 = 1+\beta$$

$$(1+z)^2 - 1 = \beta(1+z)^2 + \beta \quad (1 \text{ bod})$$

$$(1+z)^2 - 1 = \beta((1+z)^2 + 1)$$

i konačno

$$\beta = \frac{(1+z)^2 - 1}{(1+z)^2 + 1} = \frac{(1+7,085)^2 - 1}{(1+7,085)^2 + 1} \approx 0,97 \quad (2 \text{ boda})$$

Iz definicijskog izraza

$$\beta = \frac{v}{c}$$

i brzine svjetlosti u vakuumu

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1} \quad (1 \text{ bod})$$

slijedi

$$v = \beta \cdot c = 0,97 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

$$v = 2,9 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1} \quad (1 \text{ bod})$$

NAPOMENA: kao točni odgovor priznaje se i $v = 2,91 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$

2. Spektar zračenja Sunca ima maksimum na 502 nm. Taj se maksimum nalazi u žutom dijelu spektra. Koliki maksimum ima Sirius A? Kojoj boji odgovara ta valna duljina? Izračunajte maksimum za Sirius A iz ovih podataka: polumjer zvijezde je 1,711 polumjera Sunca, a njezin luminoznost je 25,4 puta veća od luminoznosti Sunca. Površinska temperatura Sunca 5770 K. (9 bodova)

Rješenje:

Luminoznost zvijezde je

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

Za Sunce vrijedi

$$L_0 = 4R_0^2 \pi \sigma T_0^4$$

a za Sirius A

$$L_A = 4R_A^2 \pi \sigma T_A^4$$

Dijeljenjem dobijemo

$$\frac{L_A}{L_0} = \frac{4R_A^2 \pi \sigma T_A^4}{4R_0^2 \pi \sigma T_0^4}$$

$$\frac{L_A}{L_0} = \frac{R_A^2 T_A^4}{R_0^2 T_0^4} \quad (1 \text{ bod})$$

Dalje možemo pisati

$$\frac{R_A^2 T_A^4}{R_0^2 T_0^4} = \frac{L_A}{L_0}$$

$$\frac{T_A^4}{T_0^4} = \frac{L_A R_0^2}{L_0 R_A^2}$$

$$T_A^4 = T_0^4 \frac{L_A R_0^2}{L_0 R_A^2} \quad (1 \text{ bod})$$

Konačno je temperatura Siriusa A

$$T_A = T_0 \sqrt[4]{\frac{L_A R_0^2}{L_0 R_A^2}}$$

$$T_A = 5770 \text{ K} \cdot \sqrt[4]{25,4} \cdot \sqrt{\frac{1}{1,711}} \approx 9900 \text{ K} \quad (1 \text{ bod})$$

Iz Wienovog zakona

$$\lambda_{\text{MAX}} \cdot T = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ K m} \quad (2 \text{ boda})$$

$$\lambda_{\text{MAX}} = \frac{2,9 \cdot 10^{-3} \text{ K m}}{T} = \frac{2,9 \cdot 10^{-3} \text{ K m}}{9900 \text{ K}} \approx 290 \text{ nm} \quad (1 \text{ bod})$$

što je izvan vidljivog dijela spektra i odgovara **ultraljubičastom** (1 bod)

NAPOMENA: kao točni odgovori priznaju sve vrijednosti između 280 i 300 nm.

3. Spiralna galaksija NGC 4183 ima kozmološki pomak prema crvenome jednak 0,0031. Izračunajte njezinu udaljenost u godinama svjetlosti i brzinu udaljavanja u kilometrima po sekundi. Za vrijednost Hubbleovog parametra uzmite $71 \text{ km s}^{-1} (\text{Mpc})^{-1}$. **(6 bodova)**

Rješenje:

Za male vrijednosti kozmološkog pomaka prema crvenome vrijedi

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

stoga je brzina galaksije

$$v = z \cdot c$$

Brzina svjetlosti je

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

pa za brzinu udaljavanja galaksije dobijemo

$$v = 0,0031 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1} \approx 930 \text{ km s}^{-1} \quad (1 \text{ bod})$$

NAPOMENA: kao točni odgovori priznaju sve vrijednosti između 900 i 950 km/s.

Iz Hubbleovog zakona

$$v = H_0 d \quad (1 \text{ bod})$$

slijedi

$$d = \frac{v}{H_0} = \frac{930 \text{ km s}^{-1}}{71 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}} \approx 13 \text{ Mpc} \quad (1 \text{ bod})$$

Jedan parsek odgovara udaljenosti od 3,262 godina svjetlosti

$$1 \text{ pc} = 3,262 \text{ gs} \quad (1 \text{ bod})$$

pa je udaljenost u godinama svjetlosti

$$d = 13 \text{ Mpc} = 13 \cdot 10^6 \cdot 3,262 \text{ gs} = 43 \cdot 10^6 \text{ gs} \quad (1 \text{ bod})$$

NAPOMENA: kao točni odgovori priznaju sve vrijednosti između 40 i 45 milijuna godina svjetlosti.

4. U kojem se području valnih duljina opaža elektromagnetsko zračenje koje je kvazar iz prvog zadatka izvorno emitirao kao vidljivu svjetlost? Kako nazivamo tu vrstu elektromagnetskog zračenja? UPUTA: područje valnih duljina vidljive svjetlosti je od 380 nm do 750 nm. **(9 bodova)**

Rješenje:

Kozmološki pomak prema crvenome definira se kao omjer promjene valne duljine i izvorne valne duljine

$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\lambda_O - \lambda_E}{\lambda_E} \quad \textbf{(2 boda)}$$

gdje je λ_O opažena valna duljina, a λ_E emitirana valna duljina

Dalje možemo pisati

$$\begin{aligned} z \cdot \lambda_E &= \lambda_O - \lambda_E \\ z \cdot \lambda_E + \lambda_E &= \lambda_O \\ \lambda_O &= (z + 1) \lambda_E \end{aligned} \quad \textbf{(2 boda)}$$

Iz prvog zadatka, kozmološki pomak prema crvenome je

$$z = 7,085$$

Stoga za jedan rub vidljivog spektra (izvorno crvenu svjetlost) imamo

$$\lambda_O = (7,085 + 1) \cdot 750 \text{ nm} \approx 6 \mu\text{m} \quad \textbf{(2 boda)}$$

a za drugi dio (izvorno plavu svjetlost) imamo

$$\lambda_O = (7,085 + 1) \cdot 380 \text{ nm} \approx 3 \mu\text{m} \quad \textbf{(2 boda)}$$

To je **infracrveno** područje elektromagnetskog spektra **(1 bod)**
