РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ 2020

I Питања

1. Када ће се вратити Халејева комета?

Одговор. 2061. Године 1682. млади британски астроном Едмунд Халеј (1656-1742) посматрао је пролазак комете која ће касније понети његово име. Ту част је добио јер је 23 године касније први објаснио да тело које је видео, као и небеске појаве посматране 1531. и 1601. године, представљају једну те исту комету која се периодично јавља на небу. Халеј исправно закључује да су то тела која круже око Сунца исто као планете и први одређује њен период на основу Кеплерових закона. За период добија приближно 76 година и исправно предвиђа да ће комета поново бити виђена 1758. Халејева комета је после тога виђена 1835, 1910. и последњи пут 1986. године.

2. Олберсовим парадоксом назива се чињеница да је: А) свемир хомоген и изотропан; Б) Сунце на периферији Млечног пута; В) ноћно небо тамно; Г) наша Галаксија коначне старости.

Одговор. В) – ноћно небо тамно. За исцрпно објашњење види чланак Олберсов парадокс (http: //static.astronomija.org.rs/teorije/olbers/olbersovo.htm) или дипломски рад Олберсов парадокс: синтетички поглед (https://www.df.uns.ac.rs/wp-content)/uploads/publikacije/zorica_bozic_-_diplomski_rad_(d-544).pdf).

3. Из датог списка одабери и поређај у правилном редоследу слојеве Сунца полазећи од центра. 1) Фотосфера, 2) Конвективна зона, 3) Хромосфера, 4) Корона, 5) Радијативна зона.

Одговор. 5 – 2 - 1 – 3 - 4. Радијативна и конвективна зона припадају унутрашњости Сунца, фотосфера је, условно речено, Сунчева површ, а хромосфера и корона чине Сунчеву атмосферу.

II Задаци

1. У Београду ($\lambda = 20°30', \varphi = 44°48'$) 21. марта (временско изједначење $\eta = -7^{\mathrm{m}}$) по званичном времену је $15^{\mathrm{h}}00^{\mathrm{m}}$. Нацртај за Буенос Аирес ($\lambda = -58°23', \varphi = -34°36'$) хоризонт са указаним странама света; назначи приближно место излаза Сунца и пресек хоризонта и вертикала на коме се налази Сунце у Буенос Аиресу у тренутку датом за Београд. Упореди дневне висине Сунца за дати датум у Београду и Буенос Аиресу.

Решење. Најпре треба одредити право време у Београду t_{pBg} за дати тренутак по званичном времену, а 21. марта то је средњоевропско време. С обзиром на географску дужину одговарајуће средње месно време t_{sBg} биће једнако $15^{\mathrm{h}}22^{\mathrm{m}}$. Даље следи $t_{pBg} = 3^{\mathrm{h}}15^{\mathrm{m}}$ јер је

$$t_{pBg} = t_{sBg} + \eta - 12^{\mathrm{h}} \quad .$$

Разлику правих времена између Београда и Буенос Аиреса налазимо из разлике географских дужина $\Delta\lambda$, $\Delta\lambda = 78°53'$, којој одговара временска разлика од $5^{\mathrm{h}}15^{\mathrm{m}}32^{\mathrm{s}}$. Следи да је тражено право време у Буенос Аиресу

$$t_{pBA} = 21^{\mathrm{h}}59^{\mathrm{m}}28^{\mathrm{s}}.$$

Одавде се може закључити да право подне у Буенос Аиресу тек предстоји. Пошто је датум 21. март, значи да је пролећна равнодневица, тј. Сунце је изашло у источној тачки хоризонта (E), а како се Буенос Аирес налази на јужној хемисфери, пресек дела меридијана који одговара подневу и хоризонта је у северној тачки (N). Дакле, на цртежу хоризонта (кружница провучена кроз тачке N, W, S и E) пресек вертикала у комесе у датом тренутку налази Сунце и хоризонта био би на око 60° од источне тачке идући ка северној.

Подневна висина Сунца рачуна се по формули

$$h_{\odot} = 90 - |\varphi| \, ,$$

која важи за равнодневице када је деклинација Сунца једнака нули. С обзиром на дате вредности географских ширина, подневне висине Сунца биће једнаке $45°12'$ и $55°24'$ у Београду и Буенос Аиресу, респективно.

2. Нека се звезде које припадају диску Млечног пута крећу по кружницама у равни Млечног пута у истом смеру. Дате су две звезде које се у почетном тренутку налазе на најмањем могућем међусобном растојању, полупречник орбите једне је $r_1 = 6$ kpc, друге $r_2 = 8$ kpc, а крећу се истом брзином, $v_c = 220 \ \mathrm{km\ s^{-1}}$. После колико времена ће се поново наћи на истом међусобном растојању? Колико времена је потребно светлости да пређе то растојање? Какав је утицај кретања звезда на добијени резултат о времену?

Решење. Нека тражено време, после кога ће две звезде поново бити на истом растојању, носи ознаку t_0. Пошто је кретање равномерно кружно, пређени углови ће бити пропорционални t_0. Угао за било коју од две звезде ϑ_i, $i \in \{1,2\}$, може се изразити формулом

$$\vartheta_i = \frac{v_c}{r_i} t_0 \quad .$$

Разлика углова $\Delta\vartheta$ треба да буде једнака 2π. Следи

$$2\pi = v_c t_0 \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \, .$$

Одавде даље следи

$$t_0 = \frac{2\pi}{v_c} \frac{r_2 r_1}{r_2 - r_1} \quad .$$

Тражено време је $t_0 = 652{,}8 \times 10^6$ година. Најмање растојање је једнако разлици полупречника орбита и износи 2 kpc. Да би светлост прешла толики пут потребно је $t_1 \approx 6350$ година. За ово исто време свака звезда пређе лук дужине од око 1,47 pc, што је много мало у поређењу са 2 kpc. Закључујемо да, приликом рачуна времена које је потребно да светлост пређе минимално растојање између датих звезда, њихово кретање можемо да занемаримо.

3. Дат је звездани систем који чине три звезде главног низа Херцшпрунг-Раселовог дијаграма. Њихове масе су: $\mathfrak{M}_1 = 1\ \mathfrak{M}_\odot$, $\mathfrak{M}_2 = 0{,}7\ \mathfrak{M}_\odot$ и $\mathfrak{M}_3 = 0{,}5\ \mathfrak{M}_\odot$. За главни низ важи следећа релација између масе и болометријске апсолутне величине M_{bol}:

$\mathfrak{M}[\mathfrak{M}_\odot]$	1,6	1,4	1,05	0,92	0,79	0,67	0,51	0,4
M_{bol}	2,6	3,4	4,2	4,9	5,6	6,7	7,4	8,0

Одреди однос $\mathfrak{M}/L$, где је $\mathfrak{M}$ укупна маса, а L укупна луминозност овог система, у јединицама за Сунце.

Решење. Знајући вредности маса звезда и користећи дату таблицу могу се одредити њихове апсолутне болометријске величине линеарном интерполацијом. Вредности су:

$$M_{bol1} = 4{,}47; \quad M_{bol2} = 6{,}43; \quad M_{bol3} = 7{,}45 \ .$$

Разлике ових звезданих величина повезане су са односима луминозности следећом формулом

$$\log\frac{L_i}{L_j} = 0{,}4\left(M_{bolj} - M_{boli}\right) \ .$$

Тако се добија: $L_2 = 0{,}164 L_1$ и $L_3 = 0{,}064 L_1$. Следи да је укупна луминозност система 1,228 пута већа од луминозности најсјајније и најмасивније звезде. Остаје још да се одреди луминозност те звезде у поређењу са Сунцем. Користећи горњу формулу са познатом апсолутном болометријском величином Сунца (вид. константе) налазимо да је $L_1 = 1{,}29\ L_\odot$, те је стога луминозност целог система $L = 1{,}58\ L_\odot$. Пошто је укупна маса једнака 2,2 $\mathfrak{M}_\odot$, тражени однос је $1{,}39\ \mathfrak{M}_\odot/L_\odot$.

,

4. Некада се сматрало да енергија звезда потиче од њиховог сажимања услед сопствене гравитације. Том приликом одржавају се сферна симетрија и укупна маса звезде. Под претпоставком да је Сунце заиста дошло до енергије на овај начин, одреди његову могућу старост. Корисна информација: потенцијална енергија гравитације једне звезде дата је приближно изразом $W_p = -G\mathfrak{M}^2/R$, где је G универзална константа гравитације, $\mathfrak{M}$ маса звезде и R њен полупречник.

Решење. Израз дат за потенцијалну енергију описује њену тренутну вредност. Пошто се маса не мења, једино што може да се мења је полупречник звезде. Према формули, потенцијална енергија је негативно дефинитна, њена највећа могућа вредност једнака је нули. Ова вредност одговара њеном највећем могућем полупречнику, када је он бесконачан. Старост Сунца τ биће једнака количнику разлике потенцијалних енергија, почетне (initial) и садашње (current), и Сунчеве луминозности L

$$\tau = \frac{W_{pi} - W_{pc}}{L} \quad .$$

За почетну енергију узимамо да је једнака нули јер одговара бесконачном полупречнику, за садашњу, као и за луминозност, потребне вредности имамо у таблици констаната. Тако ће тражена старост бити једнака количнику апсолутне вредности садашње потенцијалне енргије и луминозности

$$\tau = \frac{G\mathfrak{M}^2}{RL} \ .$$

Замена вредности даје $\tau = 0{,}99 \times 10^{15} s = 3{,}15 \times 10^7$ година.