

9. olimpijada iz astronomije in astrofizike



TADEJA VERŠIČ IN ANDREJ GUŠTIN

→ Letošnja 9. olimpijada iz astronomije in astrofizike je potekala v Indoneziji v mestu Magelang. V času deset dnevnega tekmovanja so naši tekmovalci izkazali vse svoje znanje astronomije, ki so ga razvijali pod mentorstvom Andreja Guština, Dunje Fabjan, Uroša Kostića, Katje Bricman, Tadeje Veršič ter mentorjev na svojih srednjih šolah. Našo državo so na tekmovanju zastopali: Aleksej Jurca (Gimnazija Bežigrad), Jakob Jazbec (Šolski center Srečka Kosovela Sežana), Jakob Robnik (Gimnazija Bežigrad), Krištof Skok (I. gimnazija Celje) in Darko Kolar (Gimnazija Murska Sobota), na tekmovanju pa sta jih spremljala Andrej Guštin in Tadeja Veršič.

V tokratni številki Preseka predstavljamo kratke teoretične naloge iz letošnje mednarodne olimpijade iz astronomije in astrofizike.

1. V sistemu Gliese 876 so opazili več planetov. Masa zvezde je ($M_G = 0.33 \pm 0.03 M_\odot$). Podatki za planete so predstavljeni v spodnji tabeli:

sistem Gliese	masa	velika polos (a.e.)
Gliese 876 b	$2,276 M_J$	0,2083
Gliese 876 c	$0,714 M_J$	0,1296
Gliese 876 d	$6,8 M_\oplus$	0,0208
Gliese 876 e	$15 M_\oplus$	0,3340

Z M_\odot je označena masa Sonca, z M_J masa Jupitra ($M_J = 1,89813 \times 10^{27}$ kg) in z M_\oplus masa Zemlje. Planeti krožijo okrog zvezde v isti smeri. Za dva planeta velja, da sta v resonančnih orbitah, kadar je sinodska obhodna doba enega planeta celoštevilski večkratnik sinodske obhodne dobe drugega planeta. Ugotovi, ali so nekateri od planetov sistema Gliese 876 v resonančnih orbitah.



2. Satelit nekega planeta ima obhodno dobo 7 dni 3 ure 43 minut okoli planeta, velika polos njegove orbite pa je 15,3-krat večja od povprečnega polmera planeta. Naša Luna ima obhodno dobo okoli Zemlje 27 dni 7 ur 43 minut, velika polos njenega tira pa je 60,3-krat večja od povprečnega polmera Zemlje. Predpostavi, da sta masi Lune in satelita zanemarljivi v primerjavi z maso planetov, okoli katerih krožita. Izračunaj razmerje povprečne gostote omenjenega planeta in Zemlje.

3. Iz templja Borobudur je opazovalec 27. maja 2015 ob 02:18:49 opazoval okultacijo asteroida 1258 Julietta zvezde HIP 89931 (δ -Sgr). Okultacija je trajala 6,201 s. Privzemi, da Zemlja kroži po krožni orbiti okrog Sonca, orbita Juliette pa leži v ekliptični ravnini in kroži v isti smeri kot Zemlja okrog Sonca. Ob okultaciji je Julietta blizu afelija in od Sonca oddaljena 3,076 a.e., od Zemlje pa 2,156 a.e. Velika polos Juliette je 2,9914 a.e. Izračunaj premer asteroida Julietta.

4. Zamislimo si, da astronom opazuje mirujočo masivno črno luknjo brez električnega naboja z maso $2,1 \times 10^{10} M_{\text{Sonce}}$ z orjaškim infrardečim teleskopom, katererega premer objektiva je enak premeru Zemlje. Infrardeči teleskop zaznava svetlobo v območju med 20 - 640 μm . Izračunaj največjo oddaljenost, pri kateri bo opazovalec s tem teleskopom še razločil črno luknjo.



→ 5. Opazovalec poskuša določiti približno vrednost ekscentričnosti umetnega satelita. Ko je bil satelit v apogeju, je opazovalec izmeril, da se je satelit v kratkem času premaknil za kot $\delta\varphi_1 = 2'44''$. Ko je radij vektor med središčem Zemlje in satelitom pravokoten na veliko polos orbite (prava anomalija je 90 stopinj), se je v enakem časovnem intervalu, kot v prvem primeru satelit, premaknil za $\delta\varphi_2 = 21'27''$. Predpostavi, da je opazovalec v središču Zemlje. Izračunaj približno vrednost ekscentričnosti satelitove orbite.

6. Pred vsakim opazovanjem astronomi radioteleskop usmerijo k točkastemu radijskemu izvoru, za katerega je znano, da je njegova spektralna gostota svetlobnega toka (fluks) nad Zemljinim ozačjem vedno 21,86 Jy. Nekega dne, ko je bil ta izvor 35° nad obzorjem, so astronomi z radioteleskopom izmerili, da je njegova spektralna gostota svetlobnega toka (fluks) 14,27 Jy. Izračunaj zenitno optično globino ozračja τ_Z v tem delu EM spektra.

7. Ubežna hitrost iz roba jate galaksij polmera 10 Mpc je 700 km/s glede na središče jate. Izračunaj gostoto te jate galaksij.

8. Astronomi so opazovali močan zvezni radijski signal nekega vesoljskega telesa, ki je trajal 700 μ s. Izmerjena spektralna gostota svetlobnega toka (fluks) pri frekvenci 1660 MHz je bila 0,35 kJy. Izračunaj efektivno temperaturo tega izvora, če je od nas oddaljen 2,3 kpc.

9. Predpostavimo, da Sonce seva kot idealno črno telo. Enako velja tudi za Venero, katere temperatura je T_V in je v toplotnem ravnovesju (to pomeni, da izseva enako količino energije, kot jo prejme od Sonca). Privzamemo, da je oddaljenost Venere od Sonca 0,72 a.e. Ko je Venera Zemlji najbližje, je njen navidezni premer na nebu $66''$. Izračunaj spektralno gostoto svetlobnega toka (fluks) z Venere pri frekvenci 5 GHz, ko je ta Zemlji najbližje.

10. Oblak molekularnega vodika ima temperaturo $T = 115$ K. Vodikovi atomi (predpostavimo, da so krogelne oblike), imajo polmer $r_H = 0,37 \times 10^{-10}$ m, razdalja med jedroma vodika v molekuli pa je $d_{H_2} = 0,74 \times 10^{-10}$ m. Predpostavi, da so molekule v toplotnem ravnovesju. Izračunaj frekvenco, pri kateri vodikove molekule sevajo zaradi prehoda iz rotacijskega vzbujenega stanja (vrtenja molekul).

11. Gostota nekega vesoljskega telesa je obratno sorazmerna z oddaljenostjo od njegovega središča. Sorazmernostni faktor je $\alpha = 5,0 \times 10^{13}$ kg/m³. Izračunaj maso telesa, če je ubežna hitrost na njegovem površju $v_0 = 1,5 \times 10^4$ m/s.

12. Proton s kinetično energijo 1 GeV potuje od površja Sonca proti Zemlji. Izračunaj čas potovanja protona od Sonca do Zemlje (gledano z Zemlje), če zanemarimo vplive magnetnega polja Sonca.

13. Jupitrova luna Io, katere vrtilna doba je sinhronizirana z obhodno dobo okoli Jupitra, je vulkansko zelo aktivna. Eden od možnih vzrokov je segrevanje njene notranjosti zaradi plimske sile, ki izvira predvsem od Jupitra. Plimska sila je rezultanta gravitacijskih sil, s katerimi Jupiter deluje na Io – na bližnje dele Io z večjo silo kot na dele Io, ki so dlje od planeta. Radarske meritve Io so pokazale, da se površje Io lahko dvigne in spusti do 100 m v času polovice njene obhodne dobe okoli Jupitra. S tolikšno amplitudo se dviga in spušča le površje, notranjost Io pa manj, zato lahko predpostavimo, da se celotna masa Io zaradi plime premakne za 50 m. Izračunaj povprečno moč, s katero plimske sile segrevajo Io.

Namig: Za majhne x lahko uporabiš približek:

$$(1 + x)^n \approx 1 + nx$$

Masa Io $m_{Io} = 8,931938 \times 10^{22}$ kg

Najmanjša razdalja Io od Jupitra $r_{peri} = 420000$ km

Največja razdalja Io od Jupitra $r_{apo} = 423400$ km

Obhodna doba Io okoli Jupitra 152853 s

Polmer Jupitra $R_{Io} = 1821,6$ km.

14. Zamislimo si, da živimo v statičnem in neskončno velikem vesolju, v katerem je povprečna gostota zvezd $n = 10^9$ 1/Mpc³. Predpostavi, da v tem vesolju velja standardna evklidska geometrija. Izračunaj, kako daleč lahko v povprečju vidiš v vesolje, preden tvoj pogled v vseh smereh ne naleti na zvezdo. Povprečni polmer zvezd naj bo enak polmeru Sonca. Prosimo, da rezultat izraziš v Mpc.

15. Letalo je letelo iz Lime, prestolnice Peruja (zemljepisna širina $12^\circ 2'$ severno, zemljepisna dolžina $77^\circ 1'$ zahodno), v Yogyakarta (zemljepisna širina $7^\circ 47'$ južno, zemljepisna dolžina $110^\circ 26'$ vzhodno). Letalo je izbralo najkrajšo pot med Limo in Yogyakarta. Izračunaj zemljepisno širino najbolj južne točke, skozi katero je letelo letalo.

× × ×