

Estonsko spletno tekmovanje iz znanja astronomije

↓↓↓

ANDREJ GUŠTIN

→ V času karantene zaradi razglašene pandemije koronavirusa je bila izvedba tekmovanj iz znanja močno prizadeta, saj so bile šole zaprte. Marsikatero tekmovanje je odpadlo, druga pa so bila izvedena le delno. Tekmovanje iz znanja astronomije za Dominikova priznanja za šolsko leto 2019/20 je bilo uspešno zaključeno, saj je potekalo že na začetku leta. Prav tako smo uspešno opravili izbirni postopek za olimpijsko ekipo za 14. mednarodno olimpijado iz astronomije in astrofizike (MOAA), ki je načrtovana za september 2020. V ekipo so se uvrstili Vid Kavčič, Srednja šola Črnomelj, Simon Bukovšek, Gimnazija Kranj, Urban Razpotnik, Domen Lisjak in Urša Mati Djuraki, vsi Gimnazija Bežigrad.

V teh zapletenih časih so nekatere države organizirale spletna tekmovanja. Tak poskus je bilo tudi estonsko državno tekmovanje iz znanja astronomije, na katerega so organizatorji povabili tudi tekmovalce iz drugih držav. Tako se je tekmovanja udeležilo več kot 800 tekmovalk in tekmovalcev iz 21-ih držav, tudi 12 slovenskih dijakin in dijakov, ki so tudi sicer sodelovali v izbirnem postopku za olimpijsko ekipo. V času pisanja tega prispevka rezultati estonskega astronomskega tekmovanja še niso znani, predstavljamo pa vam naloge za enotno srednješolsko skupino.



SLIKA 1.

Udeleženci končnega izbirnega testa za 14. MOAA v Peterlougu na Goričkem

Kratke naloge

Severnica

Na katerih zemljepisnih širinah je Severnica vidna ($\alpha = 02^{\text{h}}31^{\text{m}}49^{\text{s}}$, $\delta = +89^{\circ}15'51''$),

- če bi bila Zemlja brez ozračja;
- če upoštevamo, da ima Zemlja ozračje? Refrakcija na obzorju je 35,4 kotnih minut.



SLIKA 2.

Zvezdne sledi in severni nebesni pol

Kje je Sonce?

Nekega dne opolnoči je siderski čas 18,0 ur.

- Kolikšna je takrat rektascenzija Sonca?
- V katerem ozvezdju je takrat Sonce?
- Kateri datum je (z natančnostjo ± 1 dan)?

Zunajzemeljski astronom

Zunajzemeljski astronom živi v središču Andromedine galaksije in preučuje vrtenje naše Galaksije z meritvami Dopplerjevega premika v svetlobi. Kolikšni sta vrednosti rdečega premika, ki ju izmeri na obeh robovih naše Galaksije? Predpostavi, da je vrtilna doba naše Galaksije 225 milijonov let, njen polmer 52850 svetlobnih let, razdalja med našo in Andromedino galaksijo je 778 kpc in da se galaksiji približujeta s hitrostjo 110 km/s. Galaktična latituda Andromedine galaksije je $-21,3^{\circ}$. Predpostavi, da se naša Galaksija vrti kot togi disk.

Dolge naloge

Vesoljsko pokopališče

Ko velik umetni satelit iz kateregakoli razloga neha delovati, sta zanj možni dve končni usodi:

- Satelit nadzorovane pade na t. i. vesoljsko pokopališče, katerega lega je označena na sliki.
- Satelit premaknejo na t.i. pokopališko orbito, ki je 36050 km nad površjem Zemlje.

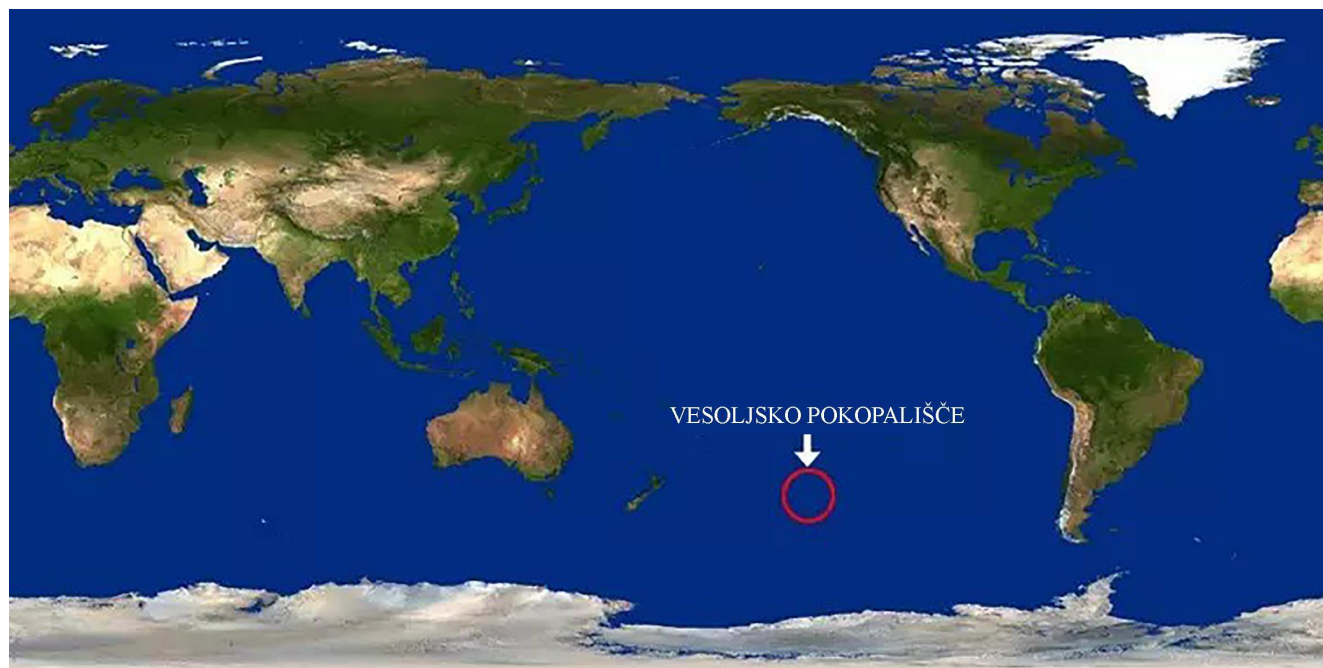
Predpostavi, da je eden od geostacionarnih satelitov prenehal delovati. Preuči, koliko energije potrebuje satelit za padec na vesoljsko pokopališče v primerjavi z njegovo premestitvijo na pokopališko orbito (iz te orbite bo satelit v nekaj sto letih spet padel na geostacionarno orbito). Predpostavi, da so spremembe hitrosti satelita hipne. Določi:

- višino geostacionarne orbite.
- Pod predpostavko, da je masa satelita zanemarljiva v primerjavi z maso Zemlje, uporabi zakon o ohranitvi energije in izpelji t. i. »vis-viva« enačbo. Enačba »vis-viva« opisuje hitrost satelita v odvisnosti od oddaljenosti od Zemlje in velike polosi satelitove orbite.
- Hohmannov transfer je metoda za prenos satelitov iz orbite 1 na orbito 3, kar je prikazano na sliki 4. Poišči enačbe za zahtevane spremembe hitrosti pri Hohmannovem transferu in izpelji izraz za celotno spremembo hitrosti satelita.
- Izračunaj spremembo hitrosti, ki je potrebna za premestitev satelita na pokopališko orbito.
- Izračunaj spremembo hitrosti, ki je potrebna, da satelit pade na vesoljsko pokopališče. Vplive ozračja zanemari in predpostavi, da satelit pade na vesoljsko pokopališče iz Hohmannove transferne orbite.
- Izračunaj mejno višino, s katere je energijsko ugodneje poslati satelit na vesoljsko pokopališče na Zemlji.

Vroča Betelgeza

Oceni povprečno temperaturo na površju Zemlje, če bi bila na mestu Sonca zvezda Betelgeza in bi bila ta velika kot Sonce. Predpostavi, da se orbita Zemlje ne





SLIKA 3.

bi spremenila, da je Zemlja idealno črno telo in da je učinek tople grede zanemarljiv. Povprečna navidezna vizualna magnituda Betelgeze $m_V = 0,5$, bolometrični popravek $BC = M_{bol} - M_V = -1,8$, njena oddaljenost $D = 220$ pc.

Konstante:

Navidezni bolometrični sij Sonca $m_{bol} = -26,83$.

Izsev Sonca $L = 3,83 \cdot 10^{26}$ W.

Razdalja Zemlja-Sonca $a = 1,50 \cdot 10^{11}$ m.

Stefan-Boltzmannova konstanta je

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ W m⁻² K⁻⁴.

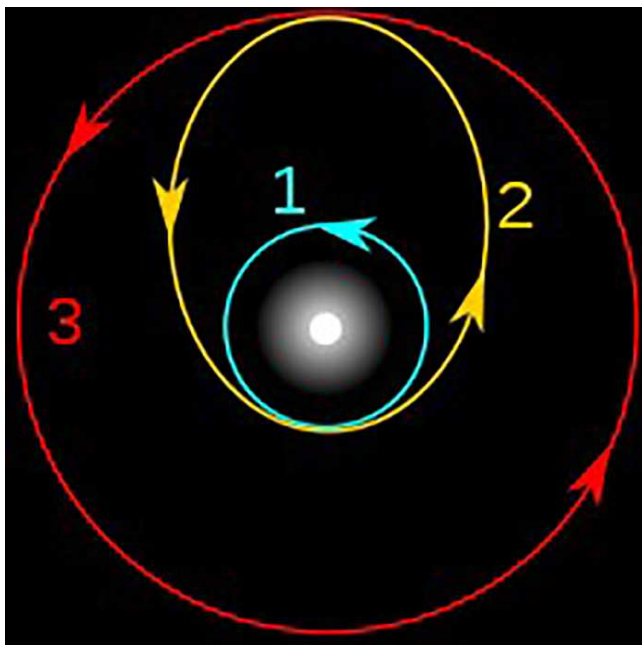
Meteorski roj

Meteorski roj je nebesni pojav, pri katerem večje število utrinkov prileti iz ene točke (radianta) na nebu. Utrinki nastanejo ob interakciji potoka prašnatih delcev (meteoroidov) kometa z ozračjem. Prašnati delci navadno izletijo iz jedra kometa zaradi izhajajoče vodne pare, ki sublimira zaradi Sončevega obsevanja ledenega jedra. Prašnati delci so porazdeljeni vzdolž prašnatega repa kometa in so posledično posejani po vsej orbiti kometa. Meteorski roji so zato periodični

letni pojavi, ki se zgodijo, ko Zemlja prečka orbito kometa, ki je svojo orbito posul s prašnatimi delci.

Eta Akvaridi in Orionidi sta meteorska roja; prvi je vsako leto viden maja, drugi pa oktobra. Ta meteorska roja sta povezana s Halleyjevim kometom. Oba roja sta šibka (majno število utrinkov), a dolgotrajna (trajata več kot mesec dni). V nadaljevanju lahko predpostaviš, da se Zemlja giblje po krožni orbiti s hitrostjo $v_{\oplus} = 29,8$ km/s.

- Kolikšna je hitrost meteoroidov roja Eta Akvaridi, s katero priletijo v ozračje Zemlje, v referenčnem koordinatnem sistemu s središčem v mirujočem Soncu? Lahko predpostaviš, da vsi meteoroidi približno sledijo orbiti Halleyjevega kometa. Velika polos orbite Halleyjevega kometa $a = 17,8$ a e, ekscentričnost orbite $e = 0,967$. Halleyjev komet je edinstven tudi po tem, da se po orbiti giblje v nasprotni smeri urinega kazalca, torej v nasprotni smeri kot planeti.
- Izpelji enačbo za celotno vrtilno količino na enoto mase I posameznega meteoroida. Količina naj bo izražena z a , e , G in M_{\odot} .



SLIKA 4.

- Isto kot pri prvi nalogi, le da hitrost meteoroidov izrazi v referenčnem koordinatnem sistemu s središčem v mirujoči Zemlji.
- Izračunaj število utrinkov na časovno enoto, ki v ozračju zasvetijo ob višku meteorskega roja Eta Akvaridov. Gostota meteoroidov, ki ob višku ustvarijo vidne utrinke, je enakomerna in znaša $n = 74 \cdot 10^{-9} \text{ km}^{-3}$. Lahko predpostaviš, da se meteoroidi gibljejo tako hitro, da težnost Zemlje zanemarljivo malo spremeni njihovo hitrost in da meteoroidi »izgorijo« $H = 100 \text{ km}$ nad tlemi. Polmer Zemlje $r_{\oplus} = 6370 \text{ km}$.

Nevtronska zvezda

Nevtronska zvezda je zgoščeno telo, skoraj v celoti sestavljeno iz nevtronov. Masa nevtronskih zvezd je med 1,4 in 3 masami Sonca. Naredili bomo aproksimacijo polmera in največje kotne hitrosti nevtronske zvezde z maso $M = 1,5M_{\odot}$ na podlagi enostavnega modela.

Predpostavimo, da so nevtronske zvezde toga telesa, ki jih sestavljajo samo nevtroni. Število nevtronov v zvezdi lahko dobimo iz Paulijevega izključitve-

nega načela, kar opiše sledeča enačba:

$$N = 2 \frac{1}{8} \frac{4\pi n_F^3}{3},$$

kjer je n_F največje zasedeno kvantno število nevtronov v nevtronski zvezdi. Energijo nevtrona dobimo iz enačbe

$$E(n) = \frac{h^2 n^2}{8mV^{2/3}},$$

kjer je n kvantno število nevtrona, h Planckova konstanta in V prostornina nevtronske zvezde. Povprečna energijska gostota nevtronske zvezde, ki je posledica energije nevtrona na najvišjem energijskem nivoju, je

$$\rho_E = \frac{9}{20\pi} \frac{N}{R^3} E(n_F),$$

kjer je R polmer nevtronske zvezde.

- Izračunaj degenerirani tlak nevtronov (notranji tlak, ki je posledica energije nevtronov) v nevtronski zvezdi.
- Izračunaj gravitacijsko energijo nevtronske zvezde, če predpostaviš, da ima povsod enako gostoto.
- Predpostavi, da nevtronska zvezda nima drugih vrst notranje energije, razen od nevtronov, in izračunaj njen polmer. Masa nevtronske zvezde $M = 1,5M_{\odot}$.
- Izračunaj gostoto nevtronske zvezde s predhodnimi predpostavkami in predpostavko, da je togo (trdno) telo.
- Izračunaj največjo kotno hitrost nevtronske zvezde pod predpostavkami, da sta notranja energija in oblika nevtronske zvezde, kar je bilo privzeto pri predhodnih vprašanjih, konstantni.

Namig. Pri računanju tlaka pri notranji energiji U in prostornini V si lahko pomagaš s

$$P = \frac{\partial U}{\partial V}.$$

× × ×