Uspešen nastop naših mladih astronomov na 3. astronomskem tekmovanju treh dežel

Andrej Guštin in Krištof Skok

Na Sljemenu nad Zagrebom je med 30. avgustom in 1. septembrom 2017 potekalo 3. astronomsko tekmovanje treh dežel, ki se ga udeležujejo olimpijske ekipe Madžarske, Hrvaške in Slovenije. Naše vrste so tokrat zastopali člani letošnje ekipe srednješolcev za Mednarodno olimpijado iz astronomije in astrofizike (v nadaljevanju MOAA) Rok Kovač, Marko Čmrlec, Luka Govedič, Urban Ogrinec, Aleksej Jurca in kot rezerva Zala Potočnik.

Aleksej Jurca je na tekmovanju zmagal, Luka Govedič pa je zasedel tretje mesto. Tudi drugi člani ekipe so se dobro odrezali in z ekipno nalogo zasedli drugo mesto. Tokrat sta jih kot vodji ekipe spremljala Andrej Guštin in Krištof Skok. Vsem udeležencem čestitamo!

Idejo za astronomsko tekmovanje treh dežel, ki naj bi bila nekakšna pripravljalnica za MOAA, je pred nekaj leti dal vodja madžarske olimpijske ekipe dr. Tibor Hegedüs. Pred tremi leti je zamisel tudi uresničil in takrat smo se prvič zbrali na Madžarskem. Lani je bilo tekmovanje pri nas, letos pa na Hrvaškem in vse kaže, da se bo v takem kolobarjenju nadaljevalo tudi v prihodnjih letih. Tekmovanje poteka po načelih MOAA, le v nekoliko skrčenem obsegu nalog. Težavnost nalog je mogoče večja od tistih na MOAA. Prav zaradi dobrih nalog in organizacije si marsikatera evropska ekipa mladih astronomov želi priključiti k temu tekmovanju, a smo se vodje ekip odločili, da tekmovanja ne bomo širili. Organizacija tekmovanja za tri ekipe je relativno enostavna, pa tudi stroški tekmovanja so majhni. Širjenje tekmovanja pa bi pomenilo bistveno povečanje stroškov, česar pa pri DMFA Slovenije ne zmoremo. Podobno velja tudi za Hrvate in Madžare.

Pokazalo se je, da je astronomsko tekmovanje treh dežel zelo dobra priprava na olimpijado. Rezultati vseh treh ekip na MOAA so se po uvedbi tekmovanja treh dežel opazno izboljšali.

SLIKA 1.
Udeleženci, organizatorji in mentorji 3. astronomskega tekmovanja treh dežel na strehi Zagrebške zvjezdarnice. Foto: A. Guštin

Primeri nalog iz letošnjega astronomskega tekmovanja treh dežel

1. opazovalna naloga

- Z laserjem pokaži zvezdo δ Kefeja. Če je ne najdeš, prosi asistenta, da ti jo najde.
- Z uporabo priložene zvezdne karte določi navidezno magnitudo δ Kefeja. Na karti označi zvezde, ki si jih uporabil za ocenjevanje magnitude.

- Poišči M92 z daljnogledom.
- Poišči zvezdo δ Kasiopeje z daljnogledom. Če je ne najdeš, prosi asistenta, da ti jo najde.
- Določi rektascenzijo zvezde γ Kasiopeje z daljnogledom, če veš, da je rektascenzija zvezde δ Kasiopeje je α = 1 h 26 m 40 s. Deklinaciji obeh zvezd sta pribl. 60°.

2. opazovalna naloga

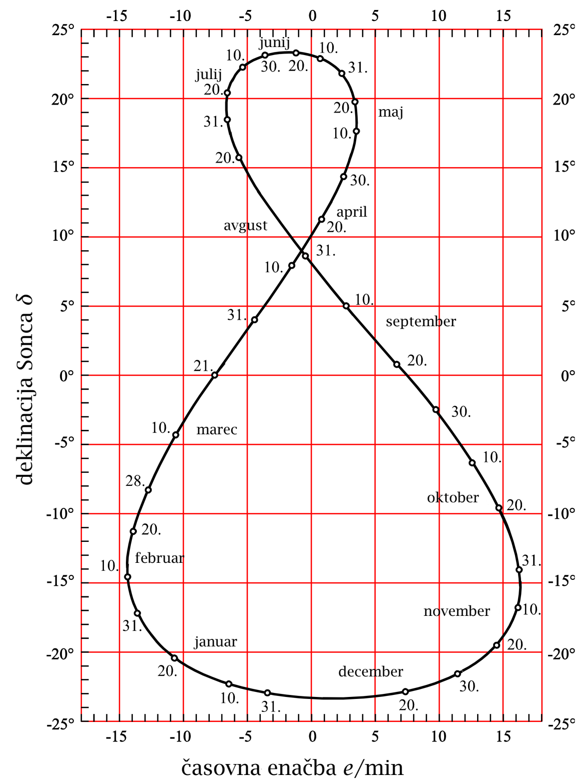
V sobi so ravnilo, trikotnik, gnomon (izvijač) in žarnica, ki predstavlja položaj Sonca. Na tleh je označena točka za opazovanje in črte, ki predstavljajo smeri sever-jug in vzhod-zahod. Datum opazovanja je 26. 6. 2014 in lokacija opazovanja je nekje na ekvatorju. Luna je bila vidna in njena faza je bila okoli zadnjega krajca. Za meritve predpostavi, da so žarki iz žarnice vzporedni na mestu opazovanja. Zanemari debelino označbe, na katero boš postavil gnomon.

- Na list z odgovori nariši položaj sence in označi smeri neba.
- Določi zenitno razdaljo in azimut Sonca.
- Določi geografsko dolžino, če je ura 14:00 UT v trenutku meritve.
- Določi časovni pas. Privzemi, da so širine časovnih pasov 15° in da je začetek ničtega pasu na ničtem poldnevniku.

Primeri teoretičnih nalog

1. teoretična naloga

Dva opazovalca, eden pri jezeru Jarun v Zagrebu in drugi v Brodarici (pri Šibeniku), istočasno merita višino kulminacije Sonca s pomočjo gnomonov enakih višin. Opazovalec v Zagrebu je ugotovil, da je dolžina sence gnomona 48,1 % višine gnomona, medtem ko je opazovalec v Brodarici ugotovil, da je dolžina sence 43,7 % višine gnomona. Opazovalca sta na isti geografski dolžini 15,9° vzhodno in njuna oddaljenost je d = 234 km. Določi Zemljin polmer R, če veš, da na prvi spomladanski dan Sonce v Brodarici kulminira na višini 46°42', oceni z uporabo priloženega grafa z vrednostmi časovne enačbe in Sončeve deklinacije skozi leto, na kateri dan v letu in približno ob kateri uri (po poletnem času) sta opazovalca izvedla svoje meritve.



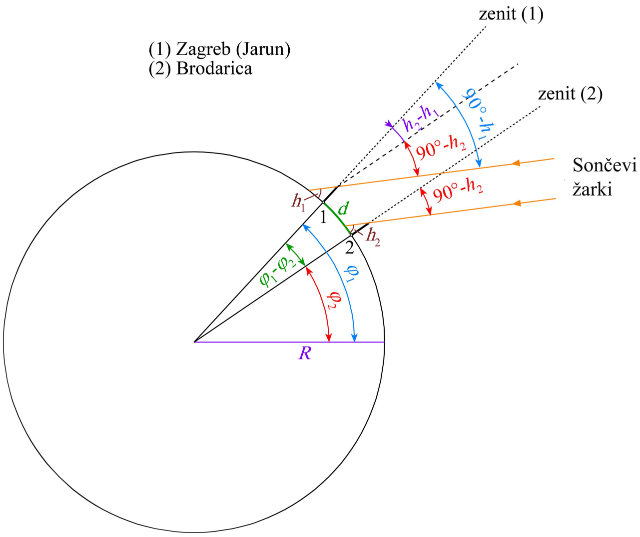
SLIKA 2.

Namig Pri reševanju si pomagajte s sliko 3.

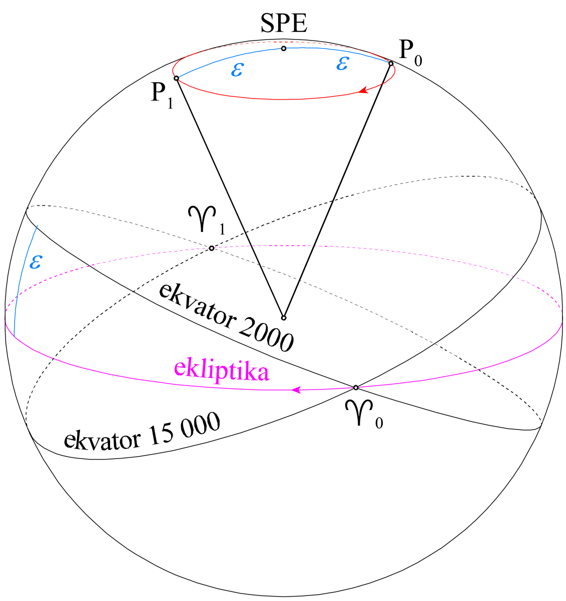
2. teoretična naloga

Predpostavi, da je deklinacija Severnice danes 90°. S pomočjo skice nebesne krogle oceni, na katerih geografskih širinah bo Severnica nadobzornica čez polovico periode precesije Zemljine vrtilne osi (Platonovega leta)! Predpostavi, da je naklon vrtilne osi konstanten in znaša 23,5°. Koliko je danes rektascenzija točke na nebesni krogli, v kateri se bo po polovici periode precesije nahajala točka enakonočja? Zanemari lastno gibanje Severnice.

Rešitve Deklinacija Severnice je $\delta = 90° - 2\varepsilon = 43°$. Njena oddaljenost od severnega nebesnega polja je $90° - \delta = 47°$.
Severnica je nadobzorniška za geografske širine, večje od 47° severno.
Danes je rektascenzija pomladišča α = 12 h.



SLIKA 3.



SLIKA 4.

3. teoretična naloga

Eksoplanet brez atmosfere kroži okoli svoje zvezde v krožni orbiti s polmerom dveh astronomskih enot. Vrtilna os planeta je pravokotna na njegovo ravnino kroženja. Skupna masa zvezde in planeta je $3 \cdot 10^{30}$ kg. Zvezda največ seva pri 400 nm. Svetlobni tok vpada pravokotno na planetovo površje in njegova gostota tam znaša $2\ \mathrm{kWm^{-2}}$. Opazovano s planetovega ekvatorja je trajanje med prvim in zadnjim stikom zvezdinega diska z obzorjem 3 min. Vrtenja planeta je progradno v primerjavi z njegovim kroženjem okoli zvezde. Izračunaj planetovo sidersko periodo rotacije izraženo v dnevih. Wienova konstanta je $2{,}9 \cdot 10^{-3}$ K m.

Rešitev $T_{\mathrm{sid}} = 44{,}9$ dneva.

Ekipna naloga

Veliki radijski teleskop je prejel skrivnostni signal iz vesolja, ki je sestavljen iz 594 bitov. Ker je 594 s 27 (33), so znanstveniki prikazali signal v osmiškem sistemu:

- 76070010004017014011761010402401202042
  20300210202024012020441050041040106603
  30005025100410401042021001104410101040
  11770774021104102010202101040404061010
  40101041010404100220104076070200500237
  41403500

Znanstveniki niso mogli dešifrirati sporočila, zato so domnevali, da je sporočilo v resnici v binarnem sistemu, in iščejo rešitev. Pomagaj jim.

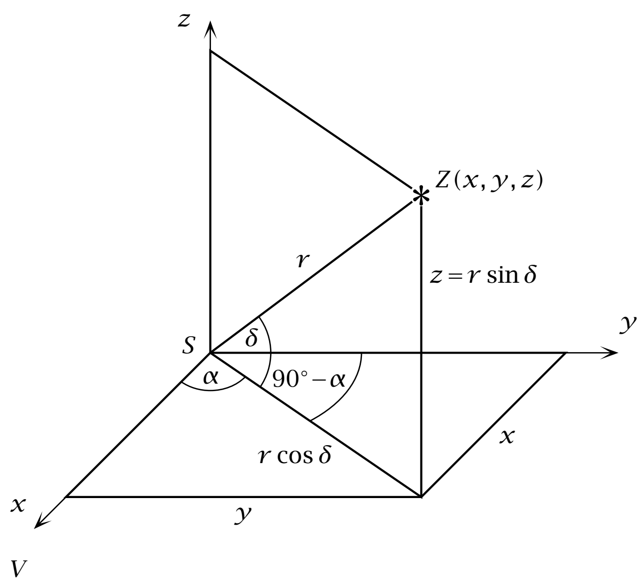
Naloga Obdelava podatkov

Asterizem Veliki voz

Za računanje lastnih gibanj zvezd v daljših časovnih obdobij si izberemo kartezični koordinatni sistem z izhodiščem v Soncu (S), os x v smeri pomladišča, os y v smeri deklinacije 0° in rektascenzije 90° (6 h) in os z v smeri nebesnega severnega pola (glej skico).

Kartezične koordinate zvezde Z, katere ekvatorialni koordinati (ob času t) sta α in δ in oddaljenost od Sonca r, so podane z enačbami:

- $x = r\cos\alpha\cos\delta$
  $y = r\sin\alpha\cos\delta$
  $z = r\sin\delta$



SLIKA 5.

Hitrost zvezde V lahko razdelimo na radialno komponento V_r in dve pravokotni komponenti – ena pravokotna na rektascenzijski meridian (prečna komponenta na deklinacijo $V_{t\delta}$) in druga pravokotna na deklinacijski vzporednik (prečna komponenta na rektascenzijo $V_{t\alpha}$). Transverzalni komponenti lahko izračunamo z enačbama:

- $V_{t\delta}(\mathrm{km/s}) = 4{,}74\mu_\delta(''/\mathrm{god})\cdot r(\mathrm{pc})$
  $V_{t\delta}(\mathrm{km/s}) = 4{,}74\mu_\alpha(''/\mathrm{god})\cos\delta\cdot r(\mathrm{pc})$,

kjer je μ_α sprememba rektascenzijo na časovno in μ_δ sprememba deklinacije na časovno enoto. (God pomeni leto.)

Komponente hitrosti zvezde (V_x, V_y, V_z) lahko določimo z naslednjimi enačbami:

- $V_x = V_r\cos\alpha\cos\delta - V_{t\alpha}\sin\alpha - V_{t\delta}\cos\alpha\sin\delta$
  $V_y = V_r\sin\alpha\cos\delta - V_{t\alpha}\cos\alpha - V_{t\delta}\sin\alpha\sin\delta$
  $V_z = V_r\sin\delta - V_{t\delta}\cos\delta$.

V preglednici 1 so podani podatki za sedem zvezd v dobro znanem asterizmu (za epoho J2000,0). Podatki vključujejo rektascenzijo (α_0) in deklinacijo zvezd (δ_0), radialno hitrost (V_r), razdaljo (r) in komponente lastnega gibanja ($\mu\alpha\cdot\cos\delta$ in $\mu\delta$) izražene v mililočnih sekundah na leto. V zadnjih dveh stolpcih so koordinate za vse zvezde razen za zvezdo 4 za leto −50.000, ki vključujejo premik zaradi lastnega gibanja.

zvezda	α_0	δ_0	V_r (km/s)	r (pc)	$\mu_\alpha\cdot\cos\delta$ ($10^{-3}{}''$/leto)	μ_δ ($10^{-3}{}''$/leto)	α_0	δ_0
1	$11^h03^m44^s$	$+61°45'04''$	−9,0	37,7	−134	−34	$11^h20^m7^s$	$+61°57'36''$
2	$11^h01^m50^s$	$+56°22'57''$	−12,0	24,5	+81	+33	$10^h53^m42^s$	$+56°11'15''$
3	$11^h53^m50^s$	$+53°41'41''$	−12,6	25,5	+107	+11	$11^h43^m42^s$	$+53°37'19''$
4	$12^h15^m26^s$	$+57°01'57''$	−20,2	17,9	+143	−129		
5	$12^h54^m02^s$	$+55°57'35''$	−9,3	25,3	+111	−8	$12^h42^m46^s$	$+55°58'12''$
6	$13^h23^m56^s$	$+54°55'31''$	−9,0	25,4	+121	−22	$13^h11^m54^s$	$+54°59'41''$
7	$13^h03^m44^s$	$+49°18'48''$	−10,9	31,9	−121	−14	$13^h58^m6^s$	$+49°18'47''$

PREGLEDNICA 1.

Naloge

- Z uporabo podanih enačb izračunaj rektascenzijo, deklinacijo in razdaljo zvezde 4 za leto −50.000. Za izračun razdalje predpostavi konstantno hitrost in zanemari precesijo.
- Izračunaj razliko navidezne magnitude zvezde 4 od leta −50.000 do leta 2000 zaradi lastnega gibanja zvezde.
- Nariši asterizem, kakor je videti danes in kakor je zgledal leta −50.000 v kartezično koordinatno mrežo.
- Kako je ime zvezdam v asterizmu?

Virialni teorem in temna snov

V preglednici 2 so prikazani podatki za radialne hitrosti (V_{ri}) in navidezne magnitude v spektralnem pasu (m_{Bi}) za 30 galaksij v Jati v Berenikinih kodrih katere navidezna kotna velikost je $D = 3{,}8°$ in obsega 1.000 galaksij.

Naloge

- Izračunaj povprečno radialno hitrost galaksij in razdaljo do jate, če je Hubblova konstanta $H = 70\ (\mathrm{km/s})/\mathrm{Mpc}$.
- Izračunaj disperzijo hitrosti v smeri opazovanja (σ_r), ki je enaka standardni deviaciji meritev.
- Z izrazom
  - $M = \dfrac{2R\sigma^2}{G}$,

  ki je izpeljan iz virialnega teorema, izračunaj maso jate galaksij M, ki izhaja iz dinamike galaksij v jati (G je gravitacijska konstanta in R je polmer jate).
- Predpostavi, da izsev vsake galaksije izhaja iz določenega števila zvezd, ki so vse podobne Soncu, in izračunaj povprečno maso galaksije ter celotno maso jate. Absolutna magnituda Sonca v modrem delu spektra je $m_{\mathrm{BS}} = 5{,}5$ m in Sončeva masa je $2 \cdot 10^{30}$ kg. Izračunaj maso vidne snovi ob predpostavki, da je razmerje med maso in izsevom (v modrem delu spektra) = 5. Primerjaj rezultat z maso izpeljano iz virialnega teorema. Kolikšen je delež temne snovi v tej jati galaksij?

št.	cz (km/s)	m_B
1	6497	11,42
2	6848	13,73
3	9371	14,75
4	7228	14,79
5	7176	11,49
6	7145	14,62
7	7020	14,73
8	7114	14,69
9	5504	14,46
10	8043	14,24
11	4745	14,39
12	4818	14,52
13	6950	14,68
14	4660	13,68
15	7799	14,38
16	6907	14,72
17	5807	13,28
18	6691	13,61
19	9386	14,61
20	6675	14,65
21	6350	14,24
22	5475	12,08
23	6101	14,32
24	7242	14,01
25	6086	14,25
26	7616	14,69
27	7583	13,66
28	7405	14,79
29	7203	14,81
30	7198	14,86

PREGLEDNICA 2.

× × ×