

9-10 klasių mokiniai

Mokinio kodas:

Užduotims atlikti skiriama **45 min. (15 taškų)**

Atsakymai

Šiai užduočiai atlikti pateikiamas dangaus šiaurinės hemisferos su pietinės hemisferos dangaus pusiaujo aplinka žvaigždėlapis. Šiuo metu mums žinoma Šiaurinė yra nutolusi maždaug per 1° nuo šiaurinio dangaus poliaus. Dėl Žemės sukimosi ašies precesijos dangaus polius ir pavasario lygiadienio taškas nuolat keičia savo vietą žvaigždžių atžvilgiu. Dėl precesijos pavasario lygiadienio taškas kasmet pasislenka maždaug 50 kampinių sekundžių. Maždaug prieš 9500 metų šiaurinė žvaigždė buvo žvaigždė, kuri žvaigždėlapyje apibrėžta oranžiniu apskritimu ir pažymėta raide N (jos dabartinės koordinatės: $\alpha = 16h20m$; $\delta = +46^\circ$). Kaip ir dabartinė Šiaurinė ji buvo nutolusi nuo dangaus poliaus maždaug per 1° . Tuo metu Lietuvos teritorijoje neseniai buvo pasibaigęs paskutinis ledynmetis ir apsigyvenę pirmieji neolito epochos žmonės, kurie tikriausiai irgi žvalgėsi po dangų ir stengėsi pažinti žvaigždes ir žvaigždynus. Pabandykite įsivaizduoti, kuo buvo panašus ir kuo skyrėsi dabartinis dangus nuo neolito epochos dangaus ir atsakykite į žemiau pateiktus klausimus. Tarkime, kad Lietuvos vidutinė geografinė platumą $\varphi = 55^\circ$.

1) Suraskite ir pažymėkite žvaigždėlapyje dabartinę Šiaurinę. Užrašykite žvaigždyną, kuriame yra ši žvaigždė. (1 taškas)

2) Užrašykite pavadinimą žvaigždyno, kuriame yra neolito epochos šiaurinė žvaigždė, žvaigždėlapyje pažymėta raide N? (1 taškas)

3) Apibrėžkite visus žvaigždynus, per kuriuos eina Saulės regimasis kelias (ekliptika) ir žvaigždėlapyje užrašykite jų pavadinimus arba lotyniškai jų santrumpas. (4 taškai)

4) Nustatykite, kuriame žvaigždyne buvo pavasario lygiadienio taškas prieš 9500 m.? Pažymėkite šį tašką žvaigždėlapyje. Paašškinkite savo sprendimą. (3 taškai)

Žinome, kad kasmet pavasario lygiadienio taškas pasislenka $50''$ ekliptika į vakarus. Jei skaičiuojame laiką į praeitį, tai poslinkis bus į rytus. Per 9500 m. tai sudarys $9500 \times 50 = 475000'' \approx 132^\circ$. Kaip atidėti šį kampą žvaigždėlapyje? Kadangi duotas žvaigždėlapis yra dangaus sferos projekcija į plokštumą, statmeną dabartinio dangaus poliaus ašiai, tai teisingai atidėtas kampas bus tas, kuris atidedamas nuo tiesės, jungiančios dabartinę Šiaurinę ir pavasario lygiadienio tašką, į rytus (Avino žvaigždyno kryptimi). Pataikome į Vėžio žvaigždyną. Žvaigždėlapyje pažymėta oranžiniu x.

5) Suraskite ir pažymėkite Sirijų ($\delta = -17^\circ$), Arktūrą ($\delta = +19^\circ$), Antarį ($\delta = -26^\circ$), Spiką ($\delta = -11^\circ$). Kurios iš šių žvaigždžių buvo patekančios, o kurios nepatekančios dabartinėje Lietuvos teritorijoje prieš 9500 m.? (2 taškai)

Patekančios žv.: Spika, Arktūras ir Antaris. Nepatekančios žv.: Sirijus.

Paašškinkite savo sprendimą: Dangaus objektų patekėjimo sąlyga: $\delta \leq \varphi - 90^\circ$. Dabartiniu metu Lietuvoje nepateka objektai, kurių $\delta \leq 55^\circ - 90^\circ = -35^\circ$. Savaimė suprantama, kad čia nurodytos žvaigždės šią sąlygą tenkina. Tačiau prieš 9500 m. dangaus polius buvo Heraklio žvaigždyne netoli žvaigždės, kurios dabartinės koordinatės $\alpha = 16h20m$; $\delta = +46^\circ$, t. y. nuo dabartinio poliaus ji atitolusi apytiksliai priešinga nuo Sirijaus kryptimi per $90^\circ - 46^\circ = 44^\circ$. Taigi, skaičiuojant Sirijaus deklinaciją nuo Heraklio žvaigždės, jo deklinacija apytiksliai būtų apie -61° . Tai reiškia, kad tais laikais Sirijus nepatekėdavo. Spika, Arktūras ir Antaris yra arčiau Heraklio šiaurinės žvaigždės, nei dabartinė Šiaurinė. Todėl šios žvaigždės tikrai buvo matomos ir tuo metu.

6) Pažymėkite žvaigždėlapyje šiuos Messier katalogo objektus: M31 ($\delta = +41^\circ$), M42 ($\delta = -05^\circ$), M44 ($\delta = +20^\circ$), M45 ($\delta = +24^\circ$). Kurie iš šių objektų buvo matomi, o kurie nematomi iš dabartinės Lietuvos teritorijos prieš 9500 m.? (2 taškai)

Patekantys objektai: M31, M44, M45. **Nepatekantys objektai:** M42.

Paaiškinkite savo sprendimą: Žr. paaiškinimą 5 p. aukščiau. Oriono ūko (M42) deklinacija skaičiuojant nuo Heraklio šiaurinės būtų apie -49° . Taigi, Oriono ūkas tuomet nepatekėdavo. Kiti objektai patekėdavo ir būdavo matomi.

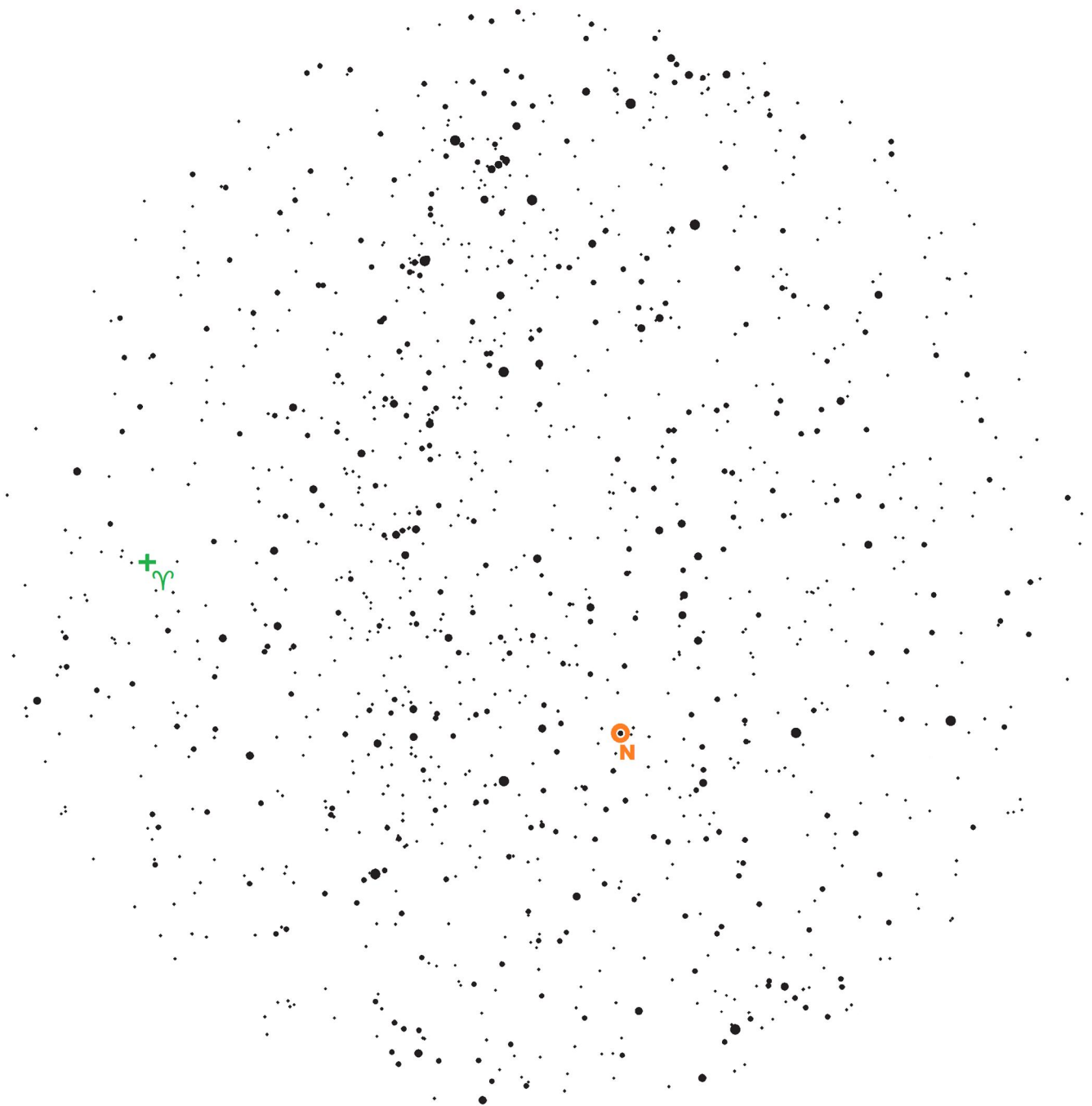
7) Dabartiniu metu iš Lietuvos teritorijos nematomos žvaigždės: Tolimanas (Kentauro alfa, $\alpha = 14h40m$; $\delta = -61^\circ$) ir Kanopas (Kilio alfa, $\alpha = 6h20m$; $\delta = -53^\circ$). Ar šios žvaigždės buvo matomos iš dabartinės Lietuvos teritorijos prieš 9500 metų?

Patekančios žv.: Tolimanas. **Nepatekančios žv.:** Kanopas. (2 taškai)

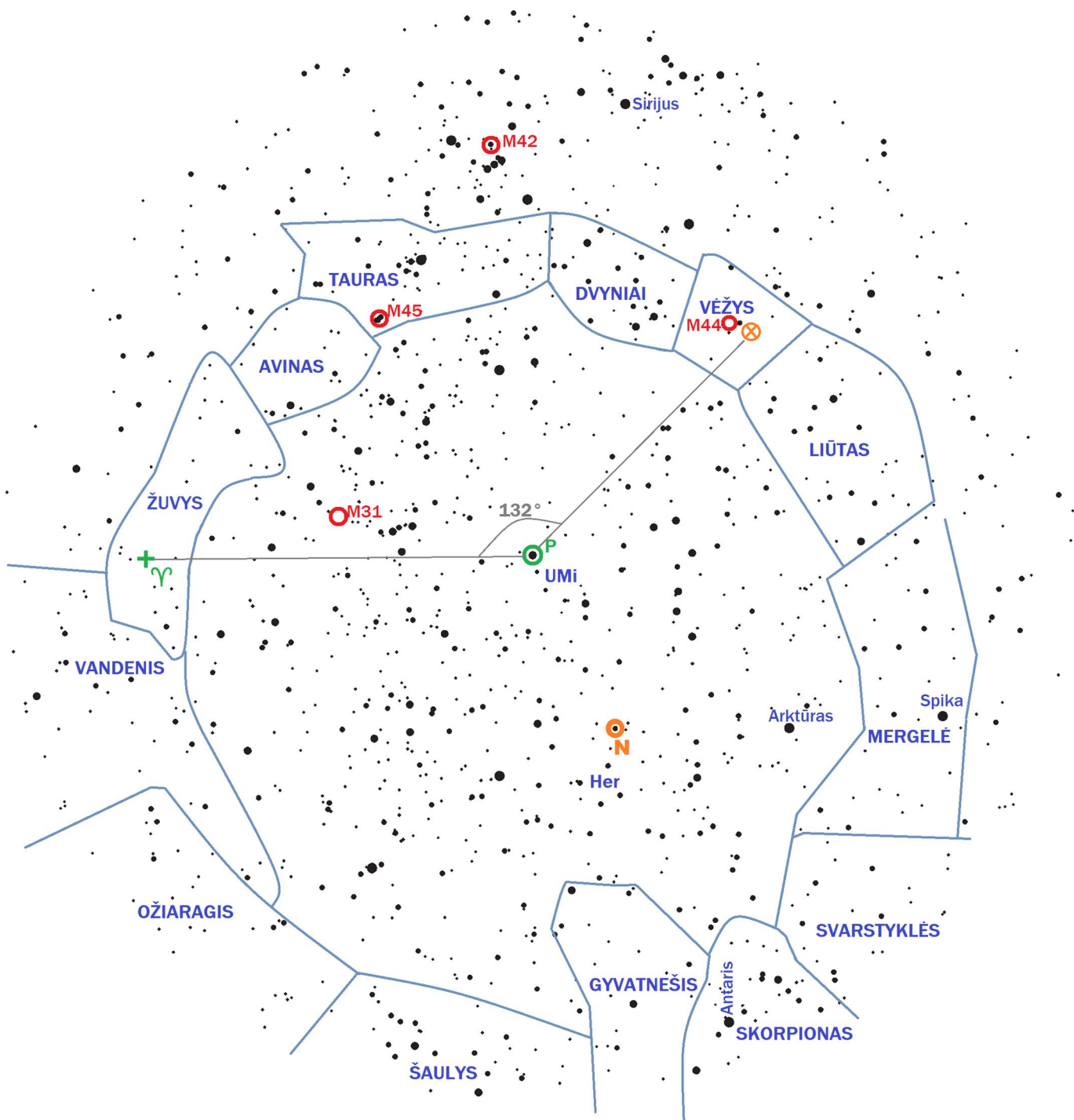
Paaiškinkite savo sprendimą: Žr. paaiškinimą 5 p. aukščiau. Kanopas nepatekės, nes jis atitolęs nuo Šiaurinės maždaug ta pačia kryptimi, kaip ir M42 ar Sirijus. Tolimanas atitolęs į pietus nuo Šiaurinės maždaug ta pačia kryptimi, kaip ir Heraklio šiaurinė. Jei skaičiuotume jo deklinaciją nuo Heraklio, tai gautume apie -17° . Taigi, tais laikais Tolimanas patekėdavo ir būdavo matomas.

Žvaigždėlapis

Dabartinis pavasario lygiadienio taškas (Υ) yra pažymėtas žalios spalvos pliuso ženklu. Oranžiniu apskritimu apibrėžta ir raide N pažymėta žvaigždė, prieš 9500 metų buvusi šiaurine žvaigžde



Žvaigždėlapis su atsakymais



9-10 klasių mokiniai

Užduotims atlikti
skiriama **25 min.** (20 taškų)

Mokinio kodas:	Stebėjimų laikas:
----------------	-------------------

*Atsakymai***1 užduotis.** (stebėjimai be teleskopo)

Kurie žvaigždynai matomi kulminacijoje? (1 taškas)

Pažymėkite, kurie iš sąrašo pateiktų žvaigždynų matomi viršutinėje kulminacijoje.

		<i>Kulminacija</i>
Vėžys	<input type="checkbox"/>	--
Liūtas	<input type="checkbox"/>	22h20m-23h00m
Skalikai	<input type="checkbox"/>	23h10m-01h00m
Berenikės garbanos	<input type="checkbox"/>	23h00m-00h20m
Mergelė	<input type="checkbox"/>	22h40m-01h30m
Jaučiaganis	<input type="checkbox"/>	00h40m-02h10m
Šiaurės vainikas	<input type="checkbox"/>	02h20m-03h10m
Gyvatnešis	<input type="checkbox"/>	--

2 užduotis. (stebėjimai be teleskopo)

Raskite arčiausiai zenito esančią žvaigždę (2 taškai)

Pažymėkite, kuri iš sąrašo pateiktų šviesių žvaigždžių yra arčiausiai zenito.

Kochabas	<input type="checkbox"/>
Arktūras	<input type="checkbox"/>
Denebola	<input type="checkbox"/>
Aliotas	<input checked="" type="checkbox"/>
Šiaurinė	<input type="checkbox"/>
Vega	<input type="checkbox"/>

3 užduotis (stebėjimai be teleskopo).

Nustatykite kampinį atstumą tarp Arktūro ir Alkaido. (3 taškai)

Atsakymas: apie 30°

**4 uždotis. Stebėjimai su teleskopu
ir žvaigždėlapiu**

(14 taškų)

Naudokite **25 mm okuliarą.**

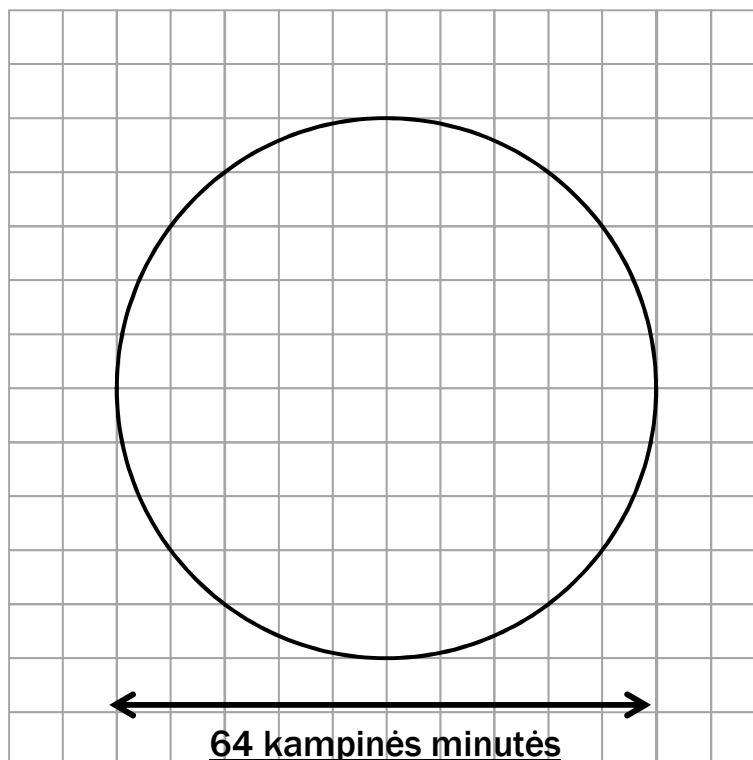
Mokinio kodas:

Stebėjimų laikas:

Pagal pateiktą žvaigždėlapij nukreipkite teleskopo centrą į Heraklio ro (ρ Her) žvaigždę (žvaigždėlapyje pažymėtą rodykle).

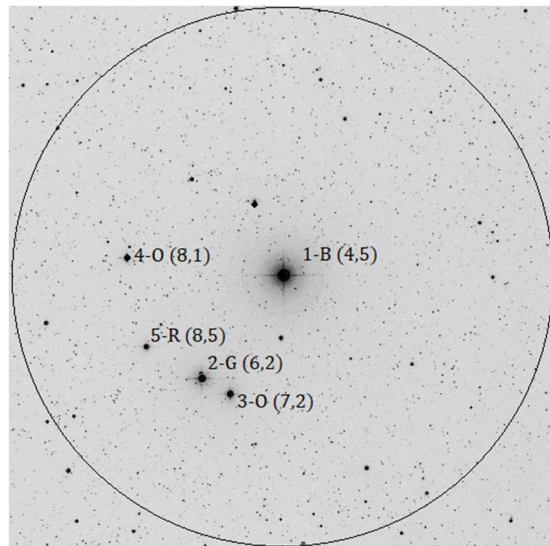
1. Nupieškite, kaip okuliaro regėjimo lauke (žemiau pateiktame pav.) yra išsidėsčiusios 7 šviesiausios matomos žvaigždės. (4 taškai)
2. Pažymėkite piešinyje numeriais spindesio mažėjimo tvarka penkias šviesiausias žvaigždes (1 – šviesiausia, 2 – antra pagal spindesį ir t.t.). Įvertinkite jų spalvas ir prie kiekvienos iš jų užrašykite atitinkamą spalvos raidę (B – balta, M – melsva, G – geltona, O – oranžinė, R – raudona) (5 taškai)
3. Pažymėkite, raidėmis (Š, P, R, V), kur jūsų piešinyje yra pasaulio šalys (šiaurė, pietūs, rytai, vakarai). (3 taškai)
4. Įvertinkite kampinį atstumą tarp dviejų šviesiausių žvaigždžių, matomų okuliaro lauke (2 taškai) :

Atsakymas: tarp 1-2 apie 15'

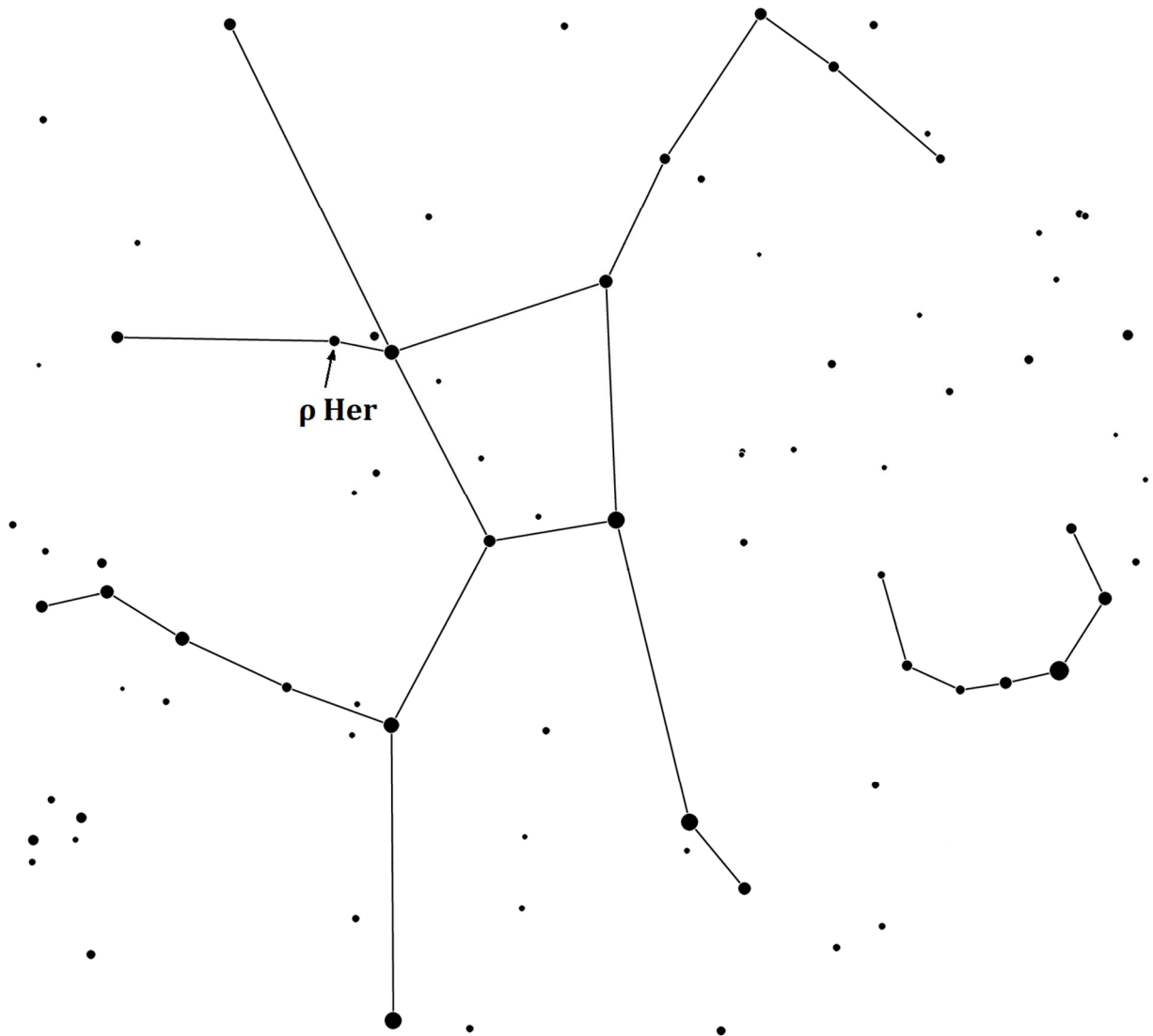


25 mm okuliaro regėjimo laukas

Lietuvos septynioliktoji mokinių astronomijos olimpiada – stebėjimų turas



4 užduoties žvaigždėlapis



Lietuvos mokinių septynioliktoji astronomijos olimpiada

Antrasis etapas

IX-X klasių mokiniai

Viso 65 taškai

1 uždavinys (12 t)

Vienas iš būdų aptikti egzoplanetą, besisukančią aplink žvaigždę, – jos tiksliai išmatuotų padėčių danguje tam tikrame laikotarpyje, analizė. Jei nustatoma, kad žvaigždės padėtis periodiškai (dažniausiai nežymiai) keičiasi tam tikros vidutinės padėties atžvilgiu, tai galima daryti išvadą, kad žvaigždė turi nematomą egzoplanetą ir kad jos abi sukasi aplink bendrą masės centrą.

Panagrinėkime planetų sistemą, panašią į mūsų Saulės sistemą, ir išsiaiškinkime, kokios galimybės tokiu būdu atrasti egzoplanetą. Paprastumo dėlei, tarkime, kad sistemą sudaro žvaigždė tokia pat, kaip mūsų Saulė, ir viena egzoplaneta tokios pat masės, kaip Jupiteris, ir besisukanti aplink žvaigždę tokia pat nuotolyje kaip ir Jupiteris aplink Saulę.

a) Apskaičiuokite tokios sistemos žvaigždės orbitos spindulį.

Egzoplanetos masė $M_J = 1,898 \times 10^{27}$ kg, orbitos didysis pusašis $a_J = 5,204$ av. Tarkite, kad orbita apskritiminė.

b) Šiuo metu dar tebevykdanti stebėjimų programą Europos kosminės agentūros kosminė observatorija GAIA žvaigždžių ir kitų dangaus objektų padėtis išmatuoja maždaug 0,02 mas (kampinių milisekundžių) tikslumu. Apskaičiuokite, kokiame didžiausiame nuotolyje esančią tokią planetų sistemą galima būtų aptikti pagal GAIA ilgalaikius žvaigždės padėties matavimus.

c) Žinoma, kad vidutinis žvaigždžių tankis (neskaitant neutroninių žvaigždžių, juodųjų skylių ir rudųjų nykštukių) gauto nuotolio apribotoje erdvės dalyje apie $0,1 \text{ pc}^{-3}$; o apie 4 % iš jų yra į Saulę panašios žvaigždės. Kiek tokių žvaigždžių gali būti šioje aplinkoje?

Sprendimas

a) Žvaigždės orbitos spindulys

Žvaigždės ir egzoplanetos sistemos pusiausvyros sąlyga:

$$M_S a_S = M_J a_J$$

Čia M_S ir M_J – atitinkamai Saulės ir Jupiterio masės, o a_S ir a_J – atitinkamai Saulės ir Jupiterio orbitų didieji pusašiai, pagal uždavinio sąlygą, orbitų spinduliai.

Iš čia

$$a_S = a_J \frac{M_J}{M_S} = 5,204 \frac{1,898 \times 10^{27}}{1,989 \times 10^{30}} \approx 0,005 \text{ av}$$

b) Didžiausias atstumas, kuriame galima aptikti egzoplanetą

Didžiausias nuotolis, kuriame esančią žvaigždės – egzoplanetos sistemą dar galima būtų aptikti iš GAIA matavimų, yra atstumas, kuriame Saulės orbitos spindulys bus matomas kampų, lygiu GAIA padėčių matavimo tikslumui:

$$r = \frac{a_S [\text{av}]}{\theta [\text{arcsec}]} = \frac{0,005}{2 \times 10^{-5}} = 250 \text{ pc}$$

c) Kiek į Saulę panašių žvaigždžių

Į Saulę panašių žvaigždžių skaičius šio spindulio apribotoje erdvės dalyje aplink Saulę:

$$N_S = \frac{4}{3}\pi r^3 \times 0,1 \times 0,04 = \frac{4}{3}\pi \times 250^3 \times 0,1 \times 0,04 \approx 2,6 \times 10^5$$

2 uždavinys (10 t)

Tarkime, kad tuo metu, kai Mėnulis savo orbita skriejo per perigėjų, jame išsilaipinęs astronautas stebėjo Žemę plika akimi ir su 20 cm teleskopu. Kokio dydžio kontrastingus darinius galėjo pamatyti astronautas Žemėje, ją stebėdamas plika akimi be teleskopo ir su 20 cm teleskopu? Tarkime, kad astronauto apsauginis šalmas ar gaubtas stebėjimams neturėjo įtakos. Perigėjuje Mėnulio atstumas nuo Žemės apie 360 000 km.

Ką iš žemiau išvardintų geografinių objektų astronautas, stebėdamas Europą, galėjo matyti plika akimi, ir ką tik su teleskopu?

Apeninų pusiasalis (plotis 130-300 km), Balatono ežeras (plotis 1-12 km, Vengrija, prie šio ežero šiais metais vyks Tarptautinė astronomijos ir astrofizikos olimpiada), Baltijos jūra (plotis 250-600 km), Kuršių Nerija (plotis 0,4-4 km).

Sprendimas

Pagal optimistinius vertinimus žmogaus akies skiriamoji geba apie 60". Remiantis mažų kampų formule Žemėje būtų galima pamatyti darinius, kurių matmenys didesni už

$$d_a = 360000 \frac{60}{206265} \approx 100 \text{ km}$$

Matys Apeninų pusiasalį, Baltijos jūrą, bet nematys Balatono ežero ir Kuršių Nerijos.

Teleskopo skiriamoji geba lygi

$$\theta = 1,22 \frac{\lambda}{D}$$

Čia λ – bangos ilgis, kuriame atliekami stebėjimai; vizualinių stebėjimų atveju $\lambda = 550 \text{ nm}$, D – teleskopo objektyvo (veidrodžio) skersmuo.

$$\theta = 1,22 \frac{550 \times 10^{-9}}{0,2} = 3,36 \times 10^{-6} \text{ rad} \approx 0,7''$$

Remiantis mažų kampų formule su teleskopu Žemėje būtų galima pamatyti darinius, kurių matmenys didesni už

$$d_t = 360000 \times 3,36 \times 10^{-6} \approx 1 \text{ km}$$

Matys Apeninų pusiasalį, Baltijos jūrą, Balatono ežerą ir Kuršių Neriją.

3 uždavinys (16 t)

Šioje užduotyje jūs nagrinėsite vienos ilgaperiodinės miridės tipo pulsuojančiosios kintamosios žvaigždės Gulbės χ (chi) (χ Cyg), kurios paralaksas $p = 5,9 \text{ mas}$ (kampinės milisekundės), savybes. 3.1 pav. pateiktas šios miridės spindesio kitimo priklausomybės nuo laiko grafikas (spindesio kitimo kreivė). Grafike spindesys (ordinatė, Y ašis) išreikštas vizualiniais ryškiais (efektinis bangos ilgis $\lambda = 550 \text{ nm}$), o laikas (abscisė, X ašis) – Julijaus dienomis (JD).

Iš interferometrinių matavimų nustatyta, kad šios miridės spindesio maksimume kampinis skersmuo $\theta_{max} = 19,1$ mas, o spindesio minimume jos kampinis skersmuo $\theta_{min} = 29,3$ mas.

Pastabos: indeksu *max* pažymėti miridės parametrai jos spindesio maksimume, o indeksu *min* – jos parametrai spindesio minimume.

Užduotys:

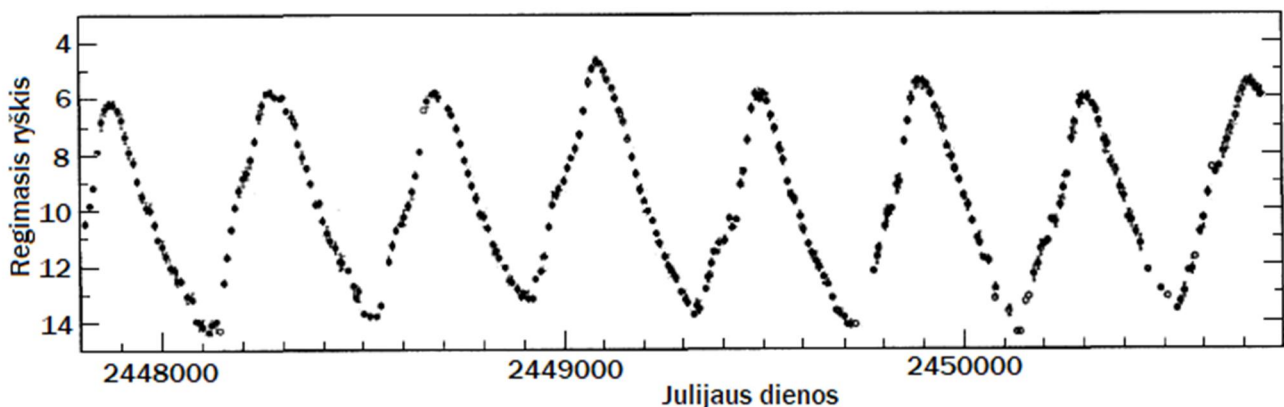
a) Nustatykite spindesio kitimo periodą dienomis (laiko intervalą tarp dviejų gretimų spindesio maksimumų).

b) Iš grafiko nustatykite paskutinio spindesio maksimumo laiko momentą ir panaudodami gautą periodą apskaičiuokite kalendorinę datą, kada ši miridė bus spindesio maksimume 2019 metais. (Užuomina: 2019 m. sausio 1 d. atitinka 2458485 JD).

c) Įvertinkite vidutinę spindesio kitimo amplitudę ryškiais ($\Delta m = m_{min} - m_{max}$). Kadangi tiek spindesio minimumų, tiek ir maksimumų vertės einant nuo vieno kitimo ciklo prie kito nevienodos, tai reikia jas išmatuoti visuose cikluose ir iš jų apskaičiuoti vidutinę amplitudės vertę.

d) Apskaičiuokite miridės atstumą parsekais.

e) Apskaičiuokite miridės linijinį spindulį spindesio maksimume ir minimume. Išreikškite šiuos spindulius Saulės spindulio vienetais ir astronominiais vienetais.



3.1 pav. Miridės spindesio kitimo grafikas

Sprendimas

a) Spindesio kitimo periodas

Iš brėžinio nustatome: 1 maksimumo data – 2447876 JD; 8 maksimumo data – 2450718 JD. Tarp šių maksimumų telpa 7 pilni spindesio kitimo periodai. Taigi, miridės spindesio kitimo periodas lygus

$$P = \frac{2450718 - 2447876}{7} = 406 \text{ d}$$

b) Spindesio maksimumas 2019 m.

Patikrinkime, kiek sveikų periodų telpa tarp brėžinyje duoto paskutinio maksimumo datos ir 2019 m. sausio 1 d.

$$k = \frac{2458485 - 245718}{406} = 19,1$$

Akivaizdu, kad duotame JD intervale vėliausias maksimumas buvo 2018 m. Prie pilnų periodų skaičiaus (19) pridėję dar vieną periodo trukmę gauname 2019 m. maksimumo JD:

$$JD_{20max} = 2450718 + 406 \times 20 = 2458838 \text{ d}$$

Ši JD atitinka 2019 m. gruodžio 20 d.

c) Vidutinė spindesio kitimo amplitudė

Kadangi ryškių vertės ties spindesio maksimumais (minimumais) nevienodos, tai įvertinsime atitinkamai vidutines jų vertes. (Žr. 3.1a pav. žemiau).

Iš brėžinio nustatome žvaigždės ryškius ties 8 spindesio maksimumais ir randame jų vidurkį:

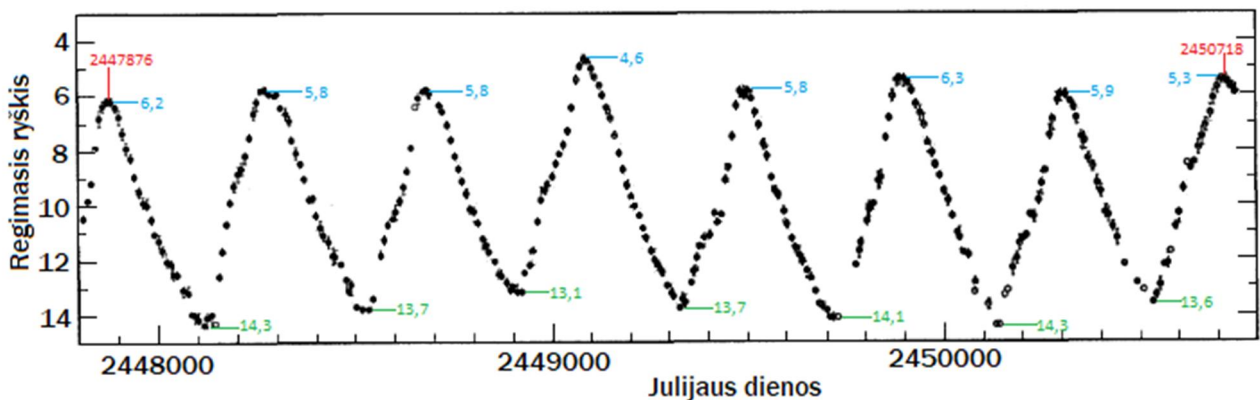
$$m_{max} = \frac{6,2 + 5,8 + 5,8 + 4,6 + 5,8 + 5,3 + 5,9 + 5,3}{8} = 5,6$$

Iš brėžinio nustatome žvaigždės ryškius ties 7 spindesio minimumais ir randame jų vidurkį:

$$m_{min} = \frac{14,3 + 13,7 + 13,1 + 13,7 + 14,1 + 14,3 + 13,6}{7} = 13,8$$

Vidutinė spindesio kitimo amplitudė

$$\Delta m = m_{min} - m_{max} = 13,8 - 5,6 = 8,2$$



3.1a pav. Miridės spindesio kitimo grafikas

d) Miridės χ Cyg atstumas

$$r = \frac{1}{p} = \frac{1}{0,0059} = 169,5 \text{ pc}$$

e) Miridės linijinis spindulys spindesio maksimume ir minimume

Panaudojame mažų kampų formulę

$$R = r \frac{\theta}{2}$$

čia θ išreikštas radianais.

$$R_{max} = 169,5 \times 206265 \times 1,496 \times 10^{11} \frac{0,0191}{2 \times 206265} = 2,42 \times 10^{11} \text{ m}$$

$$R_{max} = 2,42 \times 10^{11} \text{ m} \approx 350 R_{\odot} \approx 1,6 \text{ av}$$

$$R_{min} = 169,5 \times 206265 \times 1,496 \times 10^{11} \frac{0,0293}{2 \times 206265} = 3,71 \times 10^{11} \text{ m} \approx 530 R_{\odot}$$

$$R_{min} = 3,71 \times 10^{11} \text{ m} \approx 530 R_{\odot} \approx 2,5 \text{ av}$$

4 uždavinys (15 t)

4.1 pav. pateikta C2017 S3 (PANSTARRS) kometos ir jos aplinkos negatyvinė nuotrauka, fotografuota tuomet, kai kometa buvo nuotolyje $r = 1,025$ av nuo Žemės. Ekspozicijos trukmė $\Delta t = 45$ min. Nuotraukoje matomi įvairaus intensyvumo brūkšneliai yra žvaigždžių pėdsakai. Nuotraukos apatiniame dešiniame kampe parodytos šiaurės (N) ir rytų (E) kryptys.

1) Atsakykite į šiuos klausimus:

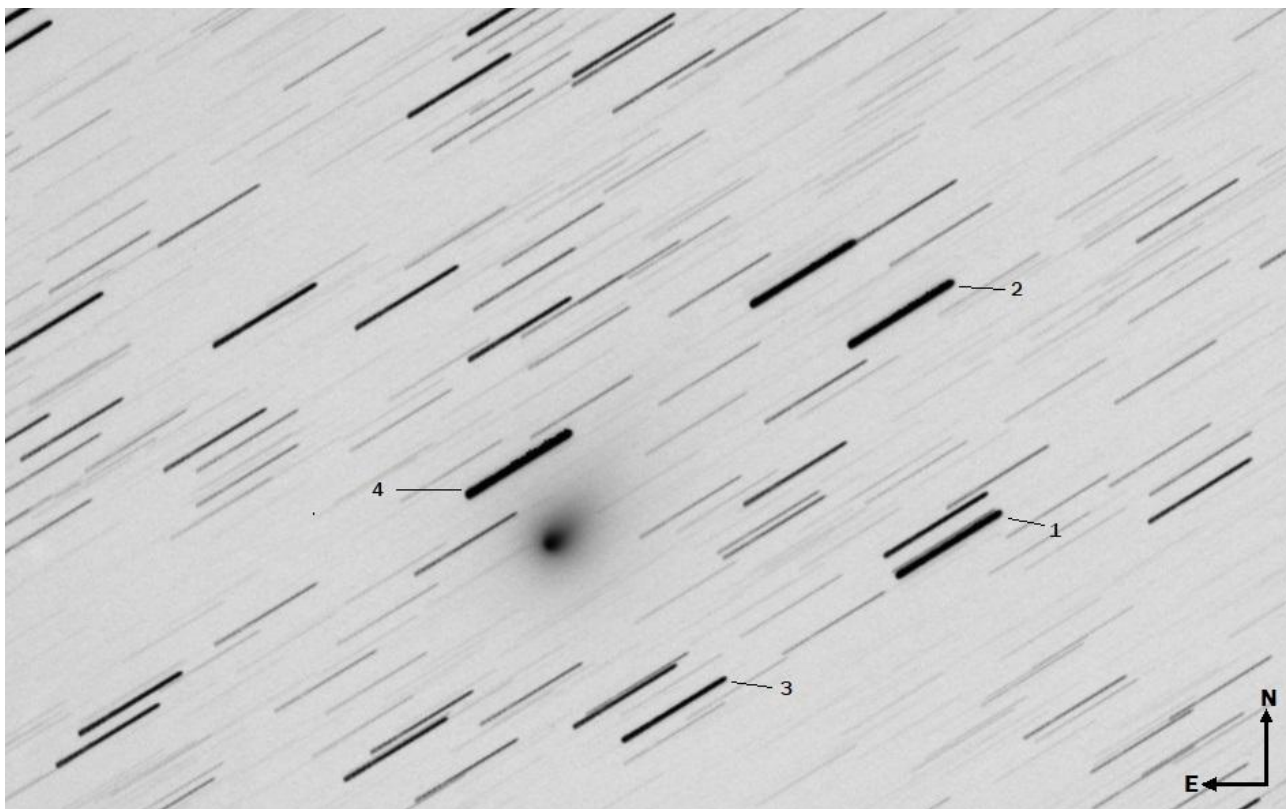
- Kodėl nuotraukoje žvaigždės ne taškeliai, o brūkšneliai?
- Kuria kryptimi juda kometa? (pažymėkite nuotraukoje rodykle).

2) Įvertinkite nuotraukos mastelį ir apskaičiuokite:

- Kometos komos (skraistės) kampinį ir linijinį skersmenį.
- Kometos linijinį judėjimo greitį nuotraukos plokštumoje (skersai regėjimo lauko).

Nuotraukoje pažymėtų žvaigždžių pusiaujinės koordinatės ir ryškiai:

Žvaigždės numeris	Rektascensija, hh mm ss	Deklinacija, ° ' "	Ryškis
1	05 24 12,3	53 32 55	9,5
2	05 24 19,2	53 38 09	9,3
3	05 24 54,6	53 29 13	11,1
4	05 25 18,0	53 34 50	9,2



4.1 pav. C2017 S3 (PANSTARRS) kometos ir jos aplinkos negatyvinė nuotrauka. Nuotraukoje pažymėtos tos žvaigždės, kurių koordinatės pateiktos lentelėje. Apačioje dešinėje nurodytos šiaurės (N) ir rytų (E) kryptys.

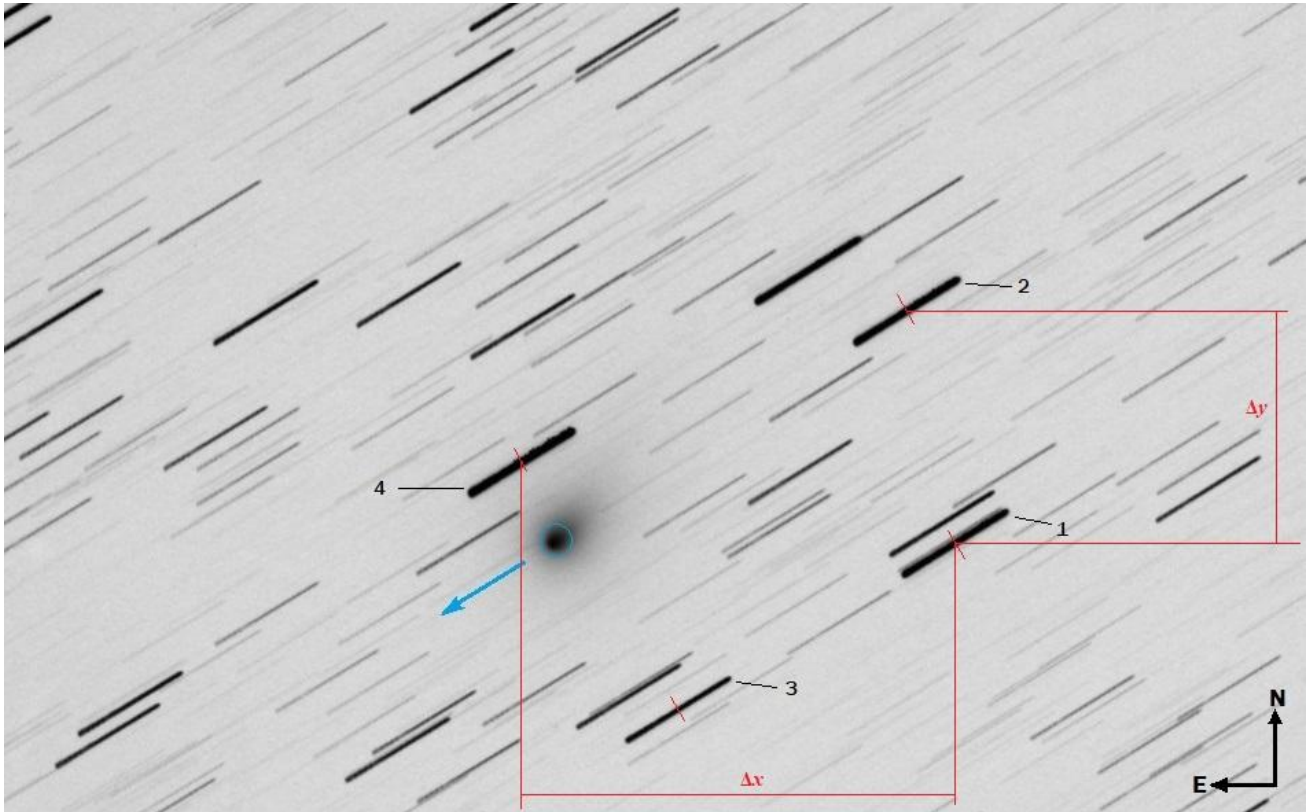
Sprendimas

1a) Kodėl nuotraukoje žvaigždės ne taškeliai, o brūkšneliai?

Kometa juda žvaigždžių atžvilgiu. Fotografuojant kometą teleskopas per visą ekspozicijos laiką nuolat vis pasukamas (giduojamas) taip, kad kometa visą laiką būtų tame pačiame teleskopo regėjimo lauko taške. Tuomet žvaigždės vis pasislenka teleskopo regėjimo lauke kometos judėjimo kryptimi ir nuotraukoje jos matomos ne kaip taškeliai, o kaip brūkšneliai.

1b) Kometos judėjimo kryptis

4.1a pav. pažymėta rodykle. Nurodyta kryptis remiasi prielaida, kad kometos regimasis judėjimas tiesioginis.



4.1a pav. C2017 S3 (PANSTARRS) kometos ir jos aplinkos negatyvinė nuotrauka. Nuotraukoje pažymėtos tos žvaigždės, kurių koordinatės pateiktos lentelėje. Apačioje dešinėje nurodytos šiaurės (N) ir rytų (E) kryptys.

2) Nuotraukos mastelis

4.1 pav. nuotraukoje pažymime 1, 2 ir 4 žvaigždžių brūkšnelių vidutines padėtis. (3 žvaigždę galime naudoti kontrolei).

Nuotraukoje išmatuojame atstumą mm tarp 1 ir 2 žvaigždžių vidutinių padėčių pietų-šiaurės kryptimi. Gauname $\Delta y = 30,5$ mm.

Šių žvaigždžių deklinacijų skirtumas (žr. koordinatės)

$$\Delta\delta = 53^{\circ}38'09'' - 53^{\circ}32'55'' = 5'14'' = 314''$$

Iš čia mastelis pagal deklinaciją

$$s_{\delta} = \Delta\delta / \Delta y = 314'' / 30,5 = 10,30'' \text{ mm}^{-1}$$

Nuotraukoje išmatuojame atstumą mm tarp 1 ir 4 žvaigždžių vidutinių padėčių vakarų-rytų kryptimi. Gauname $\Delta x = 57,5$ mm.

Šių žvaigždžių rektascensijų skirtumas (žr. koordinatės)

$$\Delta\alpha = 5^{\text{h}}25^{\text{m}}18,0^{\text{s}} - 5^{\text{h}}24^{\text{m}}12,3^{\text{s}} = 1^{\text{m}}5,7^{\text{s}} = 985,5''$$

Šį rektascensijų skirtumą paverčiame kampiniu atstumu pagal rektascensiją

$$\Delta\vartheta = \Delta\alpha \times \cos \delta = 985,5 \times \cos 53^\circ 32' 55'' = 585,5''$$

Iš čia mastelis rektascensijos kryptimi

$$s_\alpha = \Delta\vartheta / \Delta x = 585,5 / 57,5 = 10,18'' \text{ mm}^{-1}$$

Tiesą sakant masteliai abiem kryptimis turėtų būti vienodi. Todėl toliau naudosim vidutinę mastelio vertę

$$s_{\alpha\delta} = \frac{s_\alpha + s_\delta}{2} = \frac{10,30 + 10,18}{2} = 10,2'' \text{ mm}^{-1}$$

2a) Kometos komos (skraistės) matmenys

Nuotraukoje apibrėžiame apskritimą aplink kometos komą taip, kad į apskritimą nepatektų matomi žvaigždžių pėdsakai. Išmatuojame apskritimo skersmenį, gauname $d = 5 \text{ mm}$. Apskaičiuojame kometos komos kampinį skersmenį

$$\theta = ds_{\alpha\delta} = 5 \times 10,2 = 51''$$

Komos linijinis skersmuo

$$D = r\theta$$

Čia r – atstumas nuo Žemės iki kometos, θ – komos kampinis skersmuo išreikštas radianais.

$$D = 1,025 \times 149,6 \times 10^6 \frac{51}{206265} \approx 38000 \text{ km}$$

2b) Kometos judėjimo greitis

Nuotraukoje išmatuojame žvaigždės pėdsako ilgį ir gauname $l = 15,5 \text{ mm}$. Apskaičiuojame žvaigždės pėdsako kampinį ilgį:

$$\lambda = l \times s_{\alpha\delta} = 15,5 \times 10,2 = 158,1''$$

Kadangi teleskopas sekė paskui kometą, tai šis ilgis atitinka kometos kampinį poslinkį dangaus sferoje. Tada kometos judėjimo nuotraukos plokštumoje kampinis greitis lygus

$$\varphi = \frac{\lambda}{\Delta t} = \frac{158,1}{45 \times 60} = 0,059'' / \text{s}$$

Kometos judėjimo linijinis greitis nuotraukos plokštumoje lygus

$$v = r\varphi = 1,025 \times 149,6 \times 10^6 \frac{0,059}{206265} \approx 44 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$$

5 uždavinys (12 t)

2017 m. rudenį žiniasklaidoje pasirodė pranešimas, kad Saulės sistemoje aptiktas ateivių kosminį laivą primenantis cigaro formos asteroidas, kuris buvo pavadintas „Oumuamua“ (havajietiška „pasiuntinys“).

Remdamiesi duomenimis apie jo orbitą ir judėjimo greitį, astronomai padarė išvadą, kad šis kosminis kūnas iš tiesų atklydo iš kitos planetinės sistemos, esančios kažkur Lyros žvaigždynė. Paaiškėjo, kad ir Saulės sistemoje jis nepasiliks, – po daugelio metų nuskries link žvaigždžių Pegaso žvaigždyno kryptimi.



Oumuamua vizualizacija, aut. M. KORNMESSER, ESO

Užduotys:

- a) Paaiškinkite, kada mažos masės kūnas gali išstrūkti iš savo žvaigždės gravitacinio lauko? Įrodykite, kad antrasis kosminis greitis (parabolinis greitis) yra lygus

$$v = \sqrt{\frac{2GM_*}{r}}$$

čia G – gravitacijos konstanta, M_* – žvaigždės masė, r – nuotolis nuo žvaigždės.

- b) 10 astronominių vienetų nuo Saulės nuotolyje Oumuamua orbitinis greitis buvo 29,5 km/s. Įrodykite, kad judėdamas tokiu greičiu objektas negali likti Saulės sistemoje.

Sprendimas

- a) Iš žvaigždės gravitacinio lauko išstrūks toks kūnas, kurio kinetinė energija bus lygi (arba didesnė) už jo potencinę energiją sistemoje kūnas – žvaigždė. Kūnas turi judėti greičiu lygiu arba didesniu už antrąjį kosminį (parabolinį) greitį.

Kai kūno kinetinė energija yra lygi jo potencinei energijai:

$$E_k = E_p \quad \rightarrow \quad \frac{mv^2}{2} = \frac{GM_*m}{r} \quad \rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2GM_*}{r}}$$

- b) Antrasis kosminis (parabolinis) greitis 10 av nuotolyje nuo Saulės:

$$v_p = \sqrt{\frac{2GM_*}{r}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,67 \times 10^{-11} \cdot 1,99 \times 10^{30}}{10 \cdot 1,5 \times 10^{11}}} \approx 13,3 \text{ km/s}$$

Kadangi: $29,5 \frac{\text{km}}{\text{s}} > 13,3 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, tai Oumuamua paliks Saulės sistemą.