

Lietuvos mokinių devynioliktoji astronomijos olimpiada
Baigiamasis etapas

PRAKTINIS TURAS

XI-XII klasių mokiniai

Viso 70 taškų

1 uždavinys (15 taškų)

Žemiau pateikta praeitų metų šviesiausios kometos C/2020 F3 (NEOWISE) nuotrauka, nufotografuota 2020 m. liepos mėn. 19 d. Tuo metu kometos horizontinis pusiaujinis paralaksas buvo lygus $p = 12,5''$. Nuotraukoje matome dvi kometos uodegas: blyškesnę melsvą uodegą (kairėje) ir žymiai šviesesnę gelsvą uodegą (dešinėje).

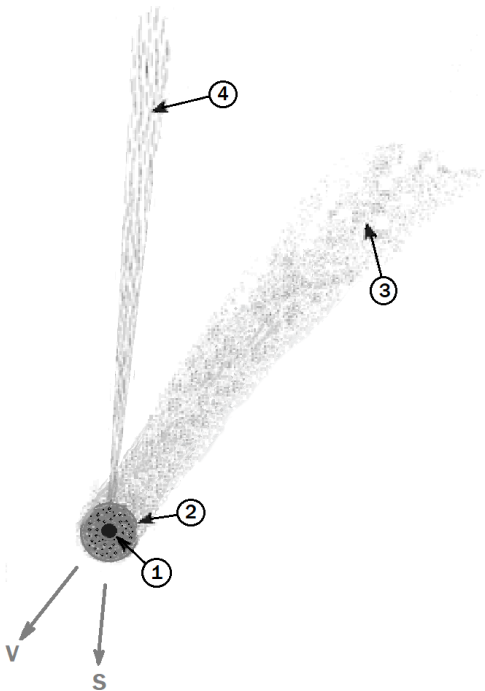


*C/2020 F3 (NEOWISE) kometa. Šiaurė dešinėje.
Kampinis atstumas tarp A ir B raidėmis pažymėtų žvaigždžių lygus $2^{\circ}40'$.
Nuotraukos autorius: Davide Batzella (Villanovaforru, Italija)*

Užduotys:

- Nubraižykite schematišką kometos brėžinį ir jame pažymėkite pagrindines kometos dalis: kometos skraistę (komą) ir branduolį bei kometos uodegas. Brėžinyje rodyklėmis pažymėkite kometos judėjimo kryptį ir kryptį į Saulę.
- Paaškindite, kuo skiriasi kairioji kometos uodega nuo dešinėsios uodegos.
- Pagal pateiktą nuotrauką nustatykite kometos abiejų uodegų kampinius ilgius bei kometos skraistės (komos) kampinį skersmenį.
- Apskaičiuokite kometos atstumą astronominiais vienetais (av).
- Apskaičiuokite kometos abiejų uodegų linijinius ilgius astronominiais vienetais.
- Apskaičiuokite kometos skraistės skersmenį kilometrais.

Sprendimas



Kometos piešinys. Kometos dalys: 1 – branduolys, 2 – skraistė (koma), 3 – dulkių uodega, 4 – dujų uodega. S – kryptis į Saulę, V – kometos judėjimo kryptis

- a) Kometos piešinys.
b) Kuo skiriasi kairioji uodega nuo dešinėsios uodegos.

Kairioji uodega (4) yra jonizuotų dujų, sklindančių iš kometos branduolio, srovė, nukreipta tiesiai į priešingą pusę nuo Saulės. Dešinioji uodega (3) yra dulkių, sklindančių iš kometos branduolio, srautas. Dulkės sklinda kometos judėjimo trajektorija.

- c) Kometos kampiniai matmenys.

Sąlygoje duotos nuotraukos mastelį įvertiname nuotraukoje išmatavę atstumą tarp A ir B žvaigždžių ir panaudodami duotą kampinį atstumą tarp jų. Tuomet, išmatavę nuotraukoje kometos uodegų ilgus ir komos skersmenį randame atitinkamus kampinius matmenis:

$$\text{Dujų uodega } \gamma_g = 9^\circ \pm 0,5^\circ$$

$$\text{Dulkių uodega } \gamma_d = 8^\circ \pm 0,5^\circ$$

$$\text{Skraistė (koma) } \theta = 8' \pm 1'$$

- d) Kometos atstumas nuo Žemės

$$r = \frac{R_\oplus}{p} = \frac{6,378 \cdot 10^6}{12,5} 206265 = 1,052 \cdot 10^{11} \text{ m} = 0,70 \text{ av}$$

- e) Kometos dujų uodegos ilgis

$$l_g = r \tan \gamma_g = 0,70 \cdot \tan 9^\circ = 0,11 \text{ av}$$

Kometos dulkių uodegos ilgis

$$l_d = r \tan \gamma_d = 0,70 \tan 8^\circ = 0,10 \text{ av}$$

- f) Kometos skraistės skersmuo

$$D = r \tan \theta = 0,70 \cdot \tan 8' = 0,0016 \text{ av} = 2,4 \cdot 10^5 \text{ km}$$

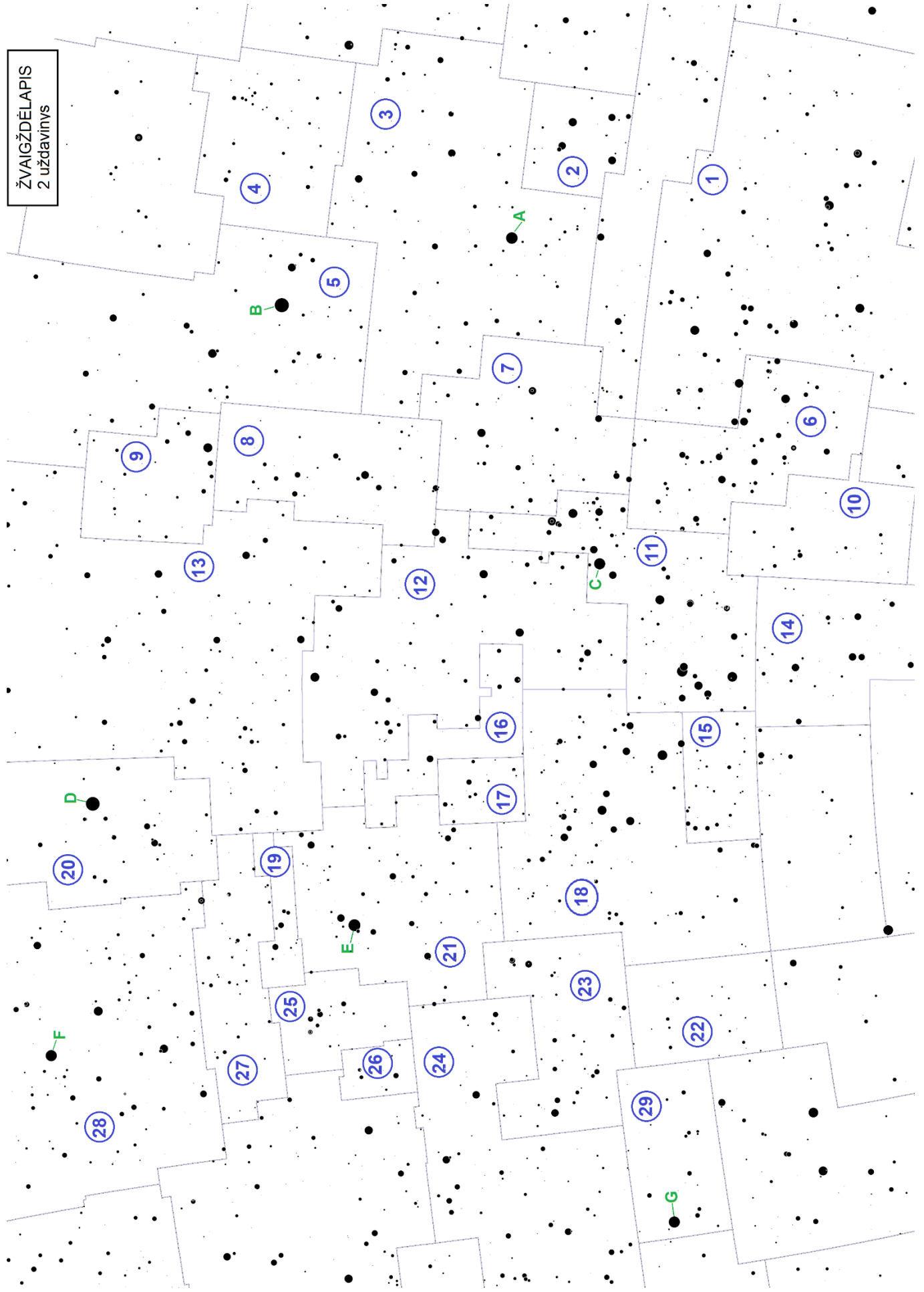
2 uždavinys (25 taškų)

Panagrinėkite kitame puslapyje pateiktą žvaigždėlapi. Jame plonomis pilkomis linijomis pažymėti žvaigždynų kontūrai, o skaičiai mėlynuose apskritimuose žymi atsitiktine tvarka priskirtą žvaigždyno numerį. Didžiosiomis raidėmis žaliu šriftu pažymėtos kai kurių žvaigždynų didžiausio regimojo spindesio žvaigždės. Panašų žvaigždėtą dangų matytų kažkurį vidurnaktį vidutinėje šiaurės platumoje esantis stebėtojas, žiūrėdamas pietų kryptimi.

Klausimai:

- a) Kokios žvaigždės pažymėtos didžiosiomis raidėmis A, B, C, D, E, F, G? Užrašykite jų tikrinius vardus ir Bayer žymėjimus (Pvz., Z – Sirijus (α CMa)).
- b) Kokius žvaigždėlapyje matote žvaigždynus, per kuriuos eina ekliptika? Užrašykite žvaigždyno numerį, kaip nurodyta žvaigždėlapyje, žvaigždyno pavadinimą ir lotynišką jo santrumpą.
- c) Kokiam žvaigždyne yra Galaktikos centras? Užrašykite žvaigždyno numerį ir pavadinimą.
- d) Kokius žvaigždėlapyje matote žvaigždynus, per kuriuos eina Galaktikos pusiaujas? Užrašykite žvaigždyno numerį, kaip nurodyta žvaigždėlapyje, žvaigždyno pavadinimą ir lotynišką jo santrumpą.
- e) Kokių metų laiku (pavasario ar rudens lygiadienį, vasaros ar žiemos saulėgrįžą) galėtų būti matomas toksai dangus? Atsakymą pagrįskite.

ŽVAIGŽDĒLĀPIS
2 uzdevinys



Sprendimas

a) Raidėmis pažymėtos žvaigždės.

A – Spika (α Vir), B – Arktūras (α Boo), C – Antaris (α Sco), D – Vega (α Lyr), E – Altairas (α Aql), F – Denebas (α Cyg), G – Fomalhautas (α PsA).

b) Ekliptika eina per šiuos žvaigždynus:

3 – Mergelė (Vir), 7 – Svarstyklės (Lib), 11 – Skorpionas (Sco), 12 – Gyvatnešis (Oph), 18 – Šaulys (Sgr), 23 – Ožiaragis (Cap), 24 – Vandenis (Aqr).

c) Galaktikos centras yra Šaulio žvaigždyne (18 – Sgr).

d) Galaktikos pusiaujas eina per šiuos žvaigždynus:

10 – Kampainis (Nor), 14 – Aukuras (Ara), 11 – Skorpionas (Sco), 18 – Šaulys (Sgr), 16 – Gyvatė (Ser), 17 – Skydas (Sct), 21 – Erelis (Aql), 19 – Strėlė (Sge), 27 – Laputė (Vul), 28 – Gulbė (Cyg).

e) Metų laikas.

Vasaros saulėgrįžos vidurnaktį. Vasaros saulėgrįžą Saulės rektascensija lygi 6h (Tauro ir Dvynių žvaigždynų sandūra), o žiemos saulėgrįžą – 18h (Šaulio žvaigždynas). Kadangi Šaulio žvaigždynas pietuose ir maždaug kulminacijoje, vadinasi, Saulė yra ties vasaros saulėgrįža.

3 uždavinys (30 taškų)

Panagrinėkite vieno asteroido orbitą. Saulės ir asteroido regimųjų padėčių matavimai ekliptinėje koordinatinių sistemoje pateikiami lentelėje. Joje nurodytas stebėjimų laikas t Julijaus dienomis (JD), Saulės ekliptinė ilguma (λ_{\odot}) ir platumas (β_{\odot}), asteroido ekliptinė ilguma (λ_a) ir platumas (β_a). Visos koordinatės išreikštos laipsniais ir jų dalimis.

t (JD)	λ_{\odot}	β_{\odot}	λ_a	β_a
2458400,40	195,57	0,00	148,05	-0,10
2458460,40	255,73	0,00	165,45	-0,17
2458496,40	292,40	0,00	169,58	-0,22
2458518,40	314,77	0,00	168,28	-0,25
2458544,40	341,02	0,00	163,37	-0,28
2458560,40	357,02	0,00	159,82	-0,28
2458582,40	18,78	0,00	156,42	-0,27
2458636,40	71,12	0,00	160,47	-0,20
2458700,40	132,23	0,00	180,53	-0,15
2458865,40	296,22	0,00	252,72	-0,10
2458936,40	7,68	0,00	278,53	-0,07
2458968,40	39,07	0,00	284,77	-0,05
2459010,40	79,50	0,00	283,62	0,00
2459027,40	95,73	0,00	280,35	+0,02
2459044,40	111,93	0,00	276,82	+0,05
2459060,40	127,22	0,00	274,33	+0,07
2459098,40	163,78	0,00	274,80	+0,08
2459145,40	209,95	0,00	286,00	+0,10

Užduotys:

a) Raskite asteroido sinodinį periodą.

Kiekvienai lentelėje pateiktai datai apskaičiuokite asteroido elongaciją, t. y. kampą tarp spindulio Žemė-Saulė ir spindulio Žemė-asteroidas:

$$\eta = \lambda_{\odot} - \lambda_a$$

Elongacijos η vertės turi būti $0^{\circ} - 360^{\circ}$ intervale (jei skirtumas neigiamas skaičius, pridėti 360°). 0° atitinka jungties konfiguraciją.

Atidėkite η priklausomybės nuo t (JD) grafiką. Iš šio grafiko kuo tiksliau įvertinkite asteroido sinodinį periodą S dienomis ir žvaigždiniais metais.

Pastaba: Grafikas turi būti pakankamai tikslus, nes tolimesnių skaičiavimų tikslumas priklausys nuo gautos sinodinio periodo vertės.

b) Apskaičiuokite asteroido žvaigždinį periodą P_a žvaigždiniais metais.

c) Apskaičiuokite asteroido orbitos didįjį pusašį a_a astronominiais vienetais.

d) Apskaičiuokite asteroido atstumą d_a nuo Žemės tuo metu, kai jis bus opozicijoje.

e) Apskaičiuokite asteroido orbitinio judėjimo greitį km/s.

f) Apskaičiuokite, koks bus asteroido regimasis kampinis poslinkis (kampinėmis sekundėmis) danguje, jei asteroidą opozicijoje stebėsime 10 min.

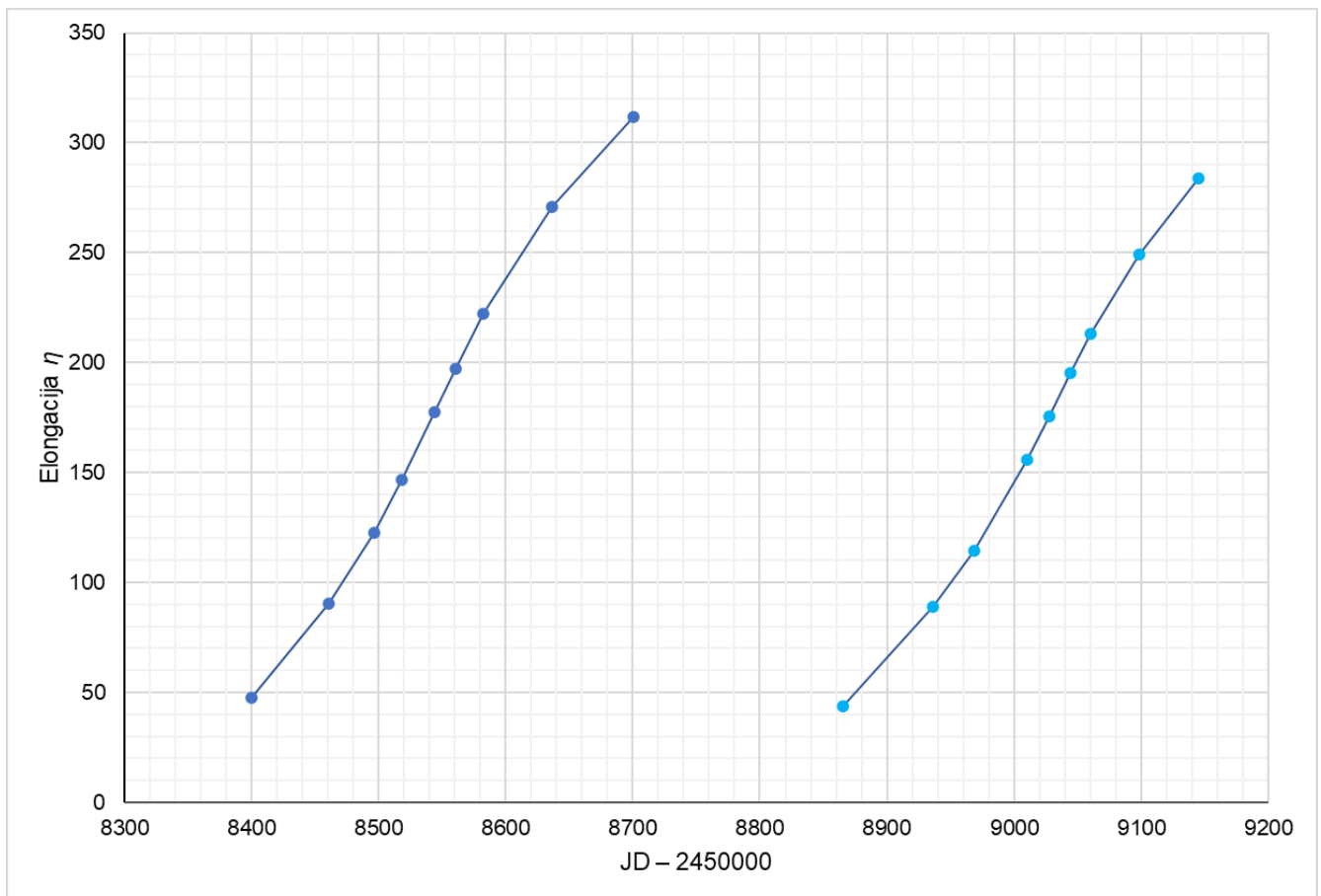
Sprendimas

a) Sinodinio periodo nustatymas.

Elongacijos skaičiavimo rezultatai

$t(\text{JD})$	λ_{\odot}	λ_a	η	
2458400,40	195,57	148,05	48	
2458460,40	255,73	165,45	90	
2458496,40	292,40	169,58	123	
2458518,40	314,77	168,28	146	
2458544,40	341,02	163,37	178	
2458560,40	357,02	159,82	197	
2458582,40	18,78	156,42	222	
2458636,40	71,12	160,47	271	
2458700,40	132,23	180,53	312	
2458865,40	296,22	252,72	44	
2458936,40	7,68	278,53	89	
2458968,40	39,07	284,77	114	
2459010,40	79,50	283,62	156	
2459027,40	95,73	280,35	175	
2459044,40	111,93	276,82	195	
2459060,40	127,22	274,33	213	
2459098,40	163,78	274,80	249	
2459145,40	209,95	286,00	284	

Toliau pateikiamas elongacijos η priklausomybės nuo $t(\text{JD})$ grafikas.



Grafike keliose vietose išmatuojame atstumus tarp vienodų elongacijų ir, įvertinę juos JD, gauname sinodinį periodą:

$$S = 482,35 \text{ d} \cong 1,32 \text{ metų}$$

b) Apskaičiuojame žvaigždinį periodą. Sinodinė lygtis

$$\frac{1}{P_{\oplus}} - \frac{1}{P_a} = \frac{1}{S}$$

$$P_a = 1505 \text{ d} = 4,12 \text{ metų}$$

c) Orbitos didysis pusašis. 3-iasis Keplerio dėsnis:

$$\frac{P_{\oplus}^2}{P_a^2} = \frac{a_{\oplus}^3}{a_a^3}$$

$$a_a = a_{\oplus} \sqrt[3]{\frac{P_a^2}{P_{\oplus}^2}}$$

Jei orbitų pusašiai išreikšti astronominiais vienetais, o orbitiniai periodai – metais, tai

$$a_a = \sqrt[3]{P_a^2} = \sqrt[3]{(4,12)^2} = 2,57 \text{ av}$$

d) Asteroido nuotolis nuo Žemės opozicijos metu:

$$d_{op} = a_a - a_{\oplus} = 2,57 - 1 = 1,57 \text{ av}$$

e) Asteroido orbitinio judėjimo greitis Saulės atžvilgiu:

$$v_{a\odot} = \frac{2\pi a_a}{P_a} = \frac{2\pi \cdot 2,57 \cdot 1,496 \cdot 10^8}{4,12 \cdot 3,156 \cdot 10^7} \cong 18,6 \text{ km/s}$$

f) Asteroido regimasis kampinis poslinkis danguje.

Asteroidą stebime iš judančios Žemės. Todėl iš Žemės matuojame asteroido orbitinio judėjimo greitį Žemės atžvilgiu. Taigi, regimasis asteroido judėjimo greitis Žemės atžvilgiu susideda iš Žemės orbitinio judėjimo greičio Saulės atžvilgiu ir asteroido orbitinio greičio Saulės atžvilgiu.

Kadangi išorinių planetų orbitinio judėjimo greitis mažesnis nei Žemės orbitinio judėjimo greitis, tai opozicijoje asteroido regimojo judėjimo kryptis Žemės atžvilgiu bus priešinga Žemės orbitinio judėjimo krypčiai. Tokiu būdu,

$$v_{a\oplus} = v_{\oplus} - v_{a\odot}$$

Žemės orbitinio judėjimo greitis:

$$v_{\oplus} = \frac{2\pi a_{\oplus}}{P_{\oplus}} = \frac{2\pi \cdot 1,496 \cdot 10^8}{3,156 \cdot 10^7} \cong 29,8 \text{ km/s}$$

Taigi,

$$v_{a\oplus} = 29,8 - 18,6 = 11,2 \text{ km/s}$$

Asteroido regimasis poslinkis Žemės atžvilgiu lygus

$$s = v_{a\oplus} t = 11,2 \cdot 600 = 6720 \text{ km}$$

Opozicijoje šis poslinkis atitiks kampinį poslinkį lygų

$$\psi = \frac{s}{d_{op}} = \frac{6720}{1,57 \cdot 1,496 \cdot 10^8} = 2,861 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \cong 6''$$