

Lietuvos mokinių septynioliktoji astronomijos olimpiada

Pirmas turas

IX-X klasių mokiniai

1 uždavinys (10 taškų)

Visiško Saulės užtemimo metu, kuris vyko pavasario lygiadienį, atrasta kometa spindėjo netoli Saulės vainiko. Kometa buvo afelyje.

Kokiame žvaigždyne ir kokį mėnesį bus stebima kometa, kai ji bus perihelyje. Kometos perihelio nuotolis yra 1,63 av, afelio nuotolis 8,85 av.

Sprendimas

Duota:

Kometos perihelio nuotolis: $d_p = 1,63$ av

Kometos afelio nuotolis: $d_a = 8,85$ av

Apskaičiuokime kometos orbitos didįjį pusašį:

$$a_K = \frac{1}{2}(d_a + d_p) = \frac{1}{2}(1,63 + 8,85) = 5,24 \text{ av}$$

Remiantis trečiuoju Keplerio dėsniu apskaičiuojame kometos periodą T_K :

$$\frac{T_K}{T_{\dot{Z}}} = \left(\frac{a_K}{a_{\dot{Z}}}\right)^{3/2}$$

$$T_K = (5,24)^{3/2} = 11,99 \approx 12 \text{ metų}$$

Po 12 metų kometa vėl bus afelyje arti jungties su Saule Avino žvaigždyne (tik nebus matoma, nes tuo metu nebus visiško Saulės užtemimo).

Po pusės periodo (6 metų) kometa bus perihelyje. Ji bus matoma priešingoje dangaus pusėje negu Saulė – arti rudens lygiadienio taško, Mergelės žvaigždyne. Saulė tuo metu vėl bus arti pavasario lygiadienio taško, t.y. bus kovo mėnuo.

Atsakymas: Kometa bus stebima kovo mėnesį Mergelės žvaigždyne.

2 uždavinys (15 taškų)

Nežemiškos civilizacijos erdvėlaivis, skriejantis Galaktikoje, kažkuriuo laiku atsidūrė spindulyje, jungiančiame dvi žvaigždes: mūsų Saulę ir Arktūrą. Tuo metu erdvėlaivyje buvęs stebėtojas nustatė, kad Saulės ir Arktūro ryškiai V yra visiškai vienodi (tos civilizacijos astronomai taip pat naudojo UBV ryškių sistemą).

Raskite:

- 1) Kokiame nuotolyje nuo Saulės tuo metu buvo erdvėlaivis. Atstumą apskaičiuokite parsekais.
- 2) Kokį šių žvaigždžių regimąjį ryškį tuo metu nustatė erdvėlaivio stebėtojas.

Žemės astronomams žinoma, kad Arktūro paralaksas $p = 88,83$ mas (kampinės milisekundės) ir regimasis ryškis $V = -0,05$, o Saulės absoliutinis ryškis $M_{\odot V} = 4,83$.

Sprendimas

1) Saulės atstumas nuo erdvėlaivio

Apskaičiuojame Arktūro atstumą nuo Saulės ir absoliutinį ryškį. Jų mums prireiks toliau.

$$r_A = \frac{1}{p_A} \text{ ir } M_{AV} = V_A + 5 \log p_A + 5$$

Čia M_{AV} – Arktūro absoliutinis ryškis, V_A – Arktūro regimasis ryškis (stebint iš Žemės) ir p_A – Arktūro paralaksas.

$$r_A = \frac{1}{0,08883} = 11,257 \text{ pc ir } M_{AV} = -0,05 + 5 \log 0,08883 + 5 = -0,31$$

Stebėjimo vietoje (iš erdvėlaivio) Saulės ir Arktūro regimieji ryškiai buvo atitinkamai lygūs:

$$V_{\odot S} = M_{\odot V} + 5 \log r_{\odot S} - 5$$

$$V_{As} = M_{AV} + 5 \log r_{As} - 5$$

Čia $M_{\odot V}$ – Saulės absoliutinis ryškis, o $r_{\odot S}$ ir r_{As} – atitinkamai Saulės ir Arktūro nuotoliai nuo stebėjimo vietos (iš erdvėlaivio).

Pagal uždavinio sąlygą $V_{\odot S} = V_{As}$. Taigi,

$$M_{\odot V} + 5 \log r_{\odot S} = M_{AV} + 5 \log r_{As}$$

$$5 \log \frac{r_{As}}{r_{\odot S}} = M_{\odot V} - M_{AV}$$

$$\frac{r_{As}}{r_{\odot S}} = 10^{0,2(M_{\odot V} - M_{AV})}$$

$$\frac{r_{As}}{r_{\odot S}} = 10,666$$

Šioje formulėje du nežinomieji. Tačiau iš uždavinio sąlygos išplaukia, kad

$$r_A = r_{\odot S} + r_{As}$$

Taigi

$$r_{\odot S} + 10,666r_{\odot S} = 11,257$$

$$r_{\odot S} = 0,965 \text{ pc}$$

Apskaičiuokime ir Arktūro atstumą nuo stebėjimo vietos. Jo reikės toliau.

$$r_{As} = r_A - r_{\odot S} = 11,257 - 0,965 = 10,292 \text{ pc}$$

2) Žvaigždžių regimasis ryškis iš erdvėlaivio

Stebėjimo vietoje (iš erdvėlaivio) Saulės ir Arktūro regimieji ryškiai:

$$V_{\odot S} = 4,83 + 5 \log 0,965 - 5 = -0,25$$

$$V_{As} = -0,31 + 5 \log 10,292 - 5 = -0,25$$

Taigi, kaip ir buvo apibrėžta uždavinio sąlygoje, stebėjimo vietoje Saulės ir Arktūro regimieji ryškiai yra vienodi.

Atsakymai:

1) Erdvėlaivio atstumas nuo Saulės 0,965 pc.

2) Saulės ir Arktūro regimieji ryškiai iš erdvėlaivio –0,25 mag.

3 uždavinys (10 taškų)

Sirijus (Didžiojo šuns alfa, α CMa) yra šviesiausia naktinio dangaus žvaigždė. Jos regimasis ryškis $m_\alpha = -1,46$. Žinoma, kad plika akimi vos matomos žvaigždės ryškis $m_r = 6,0$. Su kokio skersmens teleskopu reikėtų stebėti tokią šešto ryškio žvaigždę, kad pro teleskopą ji atrodytų tokia pat šviesi, kaip plika akimi matomas Sirijus. Tarkime, kad akies vyzdžio skersmuo 8 mm, o šviesa, sklisdama per teleskopo optinę sistemą, nepatiria jokių nuostolių.

Sprendimas

Šviesos srautas, kuris pasiekia mūsų akį, yra proporcingas žvaigždės ar kito spinduliuojančio objekto spindesiui ir plotui, iš kurio surenkami spinduliai (akies vyzdžio plotas, teleskopo objektyvo/veidrodžio plotas). Taigi, kai stebime Sirijų plika akimi, šviesos srautas (E), patenkantis į mūsų akį, proporcingas žvaigždės spindesiui (J) ir akies vyzdžio plotui (S):

$$E_\alpha \propto J_\alpha S_a$$

Kai stebime (6 ryškio) žvaigždę pro teleskopą, šviesos srautas, patenkantis į mūsų akį, proporcingas žvaigždės spindesiui ir teleskopo objektyvo/veidrodžio plotui, nes į akies vyzdį nukreipiama visa teleskopo objektyvo surinkta šviesa (jei neatsižvelgsime į šviesos nuostolius teleskopo optinėje sistemoje):

$$E_r \propto J_r S_t$$

Pagal uždavinio sąlygą

$$E_\alpha = E_r$$

Vadinasi

$$J_\alpha S_a = J_r S_t$$

Panaudodami žvaigždės spindesio ir ryškio sąryšį apskaičiuojame Sirijaus ir 6 ryškio žvaigždės spindesių santykį

$$m_\alpha - m_r = -2,5 \log \frac{J_\alpha}{J_r}$$

$$\log \frac{J_\alpha}{J_r} = \frac{m_\alpha - m_r}{-2,5} = \frac{-1,46 - 6,0}{-2,5} = 2,984$$

$$\frac{J_\alpha}{J_r} = 10^{2,984} \approx 964$$

Tiek akies vyzdys, tiek ir teleskopo objektyvas/veidrodis apvalūs. Jų plotai apskaičiuojami pagal skritulio ploto formulę:

$$S = \pi \frac{D^2}{4}$$

Čia D – skritulio skersmuo.

Galiausiai galime užrašyti:

$$964 J_r \pi \frac{D_a^2}{4} = J_r \pi \frac{D_t^2}{4}$$

Čia D_a – akies vyzdžio skersmuo, o D_t – teleskopo objektyvo/veidrodžio skersmuo.

Apskaičiuojame teleskopo objektyvo/veidrodžio skersmenį

$$D_t = D_a \sqrt{964} = 8 \times \sqrt{964} = 248 \text{ mm}$$

Atsakymas: Teleskopo objektyvo skersmuo 248 mm.

4 uždavinys (15 taškų)

Cefeidėmis arba Cefėjo delta (δ Cep) tipo kintamosiomis žvaigždėmis vadinamos pulsuojančios kintamosios žvaigždės pagal būdingą prototipą Cefėjo delta (δ Cet) žvaigždę. Šioms kintamosioms žvaigždėms būdingas gana stabilus spindesio kitimo periodas ir amplitudė.

Šiame uždavinyje 4.1 pav. pateiktas vienos cefeidės spindesio kitimo priklausomybės nuo laiko grafikas (spindesio kitimo kreivė). Grafike regimasis spindesys išreikštas ryškiais, o laikas – Julijaus dienomis (JD).

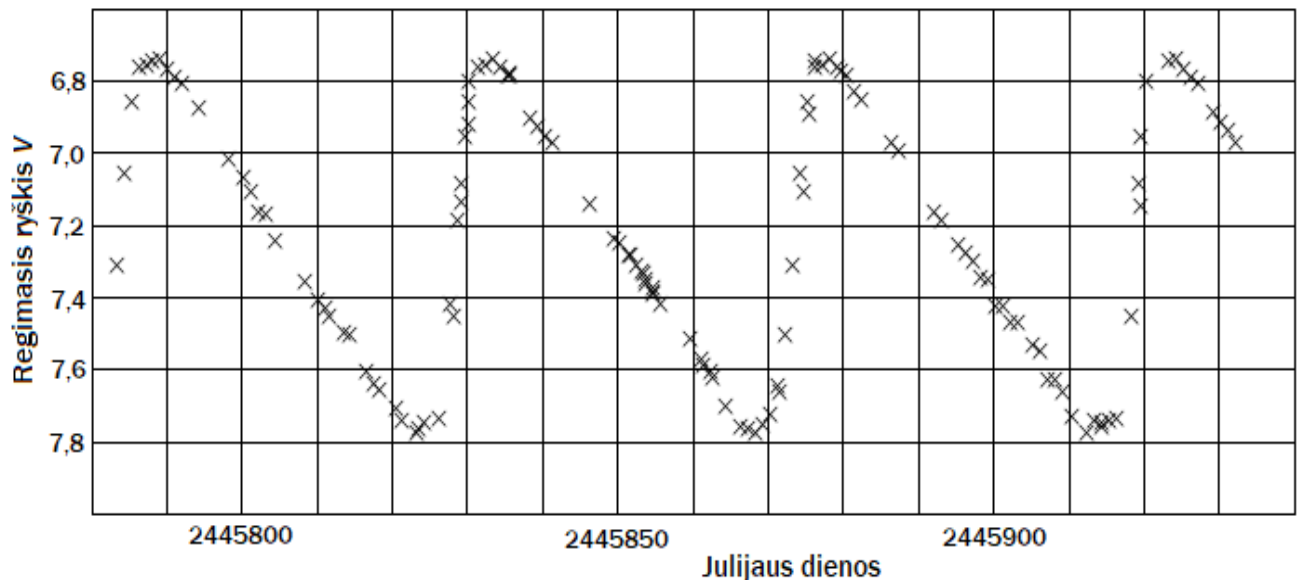
Užduotys:

1) Nustatykite spindesio kitimo periodą dienomis (laiko intervalą tarp dviejų gretimų spindesio maksimumų). Tam tikslui grafike kuo tiksliau įvertinkite laiko skalės (abscisės) mastelį, išmatuokite atstumus tarp maksimumų ir apskaičiuokite spindesio kitimo periodą. (Šiuo atveju spindesio minimumų padėtys nustatomos mažesniu tikslumu, todėl jų nenaudokite).

2) Pagal grafiko Julijaus dienų intervalą nustatykite, kokiais metais ir kokių mėnesių intervale buvo atlikti cefeidės stebėjimai. (Užuomina: Julijaus dienas reikės paversti į kalendorines datas; informaciją galima rasti internete).

3) Įvertinkite spindesio kitimo amplitudę ryškiais ($\Delta V = V_{\min} - V_{\max}$). Tam tikslui grafike kuo tiksliau įvertinkite ryškių skalės (ordinatės) mastelį ir išmatuokite atstumus tarp spindesio minimumo ir maksimumo.

4) Atsakykite į klausimą, kiek kartų cefeidės spindesys maksimume didesnis už jos spindesį minimume.



4.1 pav. Cefeidės spindesio kitimo grafikas. Spindesio maksimumai atitinka mažiausias regimojo ryškio vertes, o minimumai – didžiausias regimojo ryškio vertes

Sprendimas

1) Spindesio kitimo periodas

Iš grafiko (žr. 4.1a pav.) nustatome: pirmojo maksimumo data – 2445789 JD; paskutinio, ketvirtojo maksimumo data – 2445924 JD. Tarp šių maksimumų telpa 3 pilni spindesio kitimo periodai. Taigi, cefeidės spindesio kitimo periodas lygus

$$P = \frac{2445924 - 2445789}{3} = 45 \text{ d}$$

2) Stebėjimų laikas

Internetu arba naudojant virtualių planetariumų programėles Julijaus dienas galima paversti į kalendorines dienas arba atvirkščiai. Iš grafiko nustatome, kad stebėjimai buvo pradėti 2445783 JD, o baigti 2445932 JD. Tai atitinka 1984.03.23 – 1984.08.19 laikotarpį.

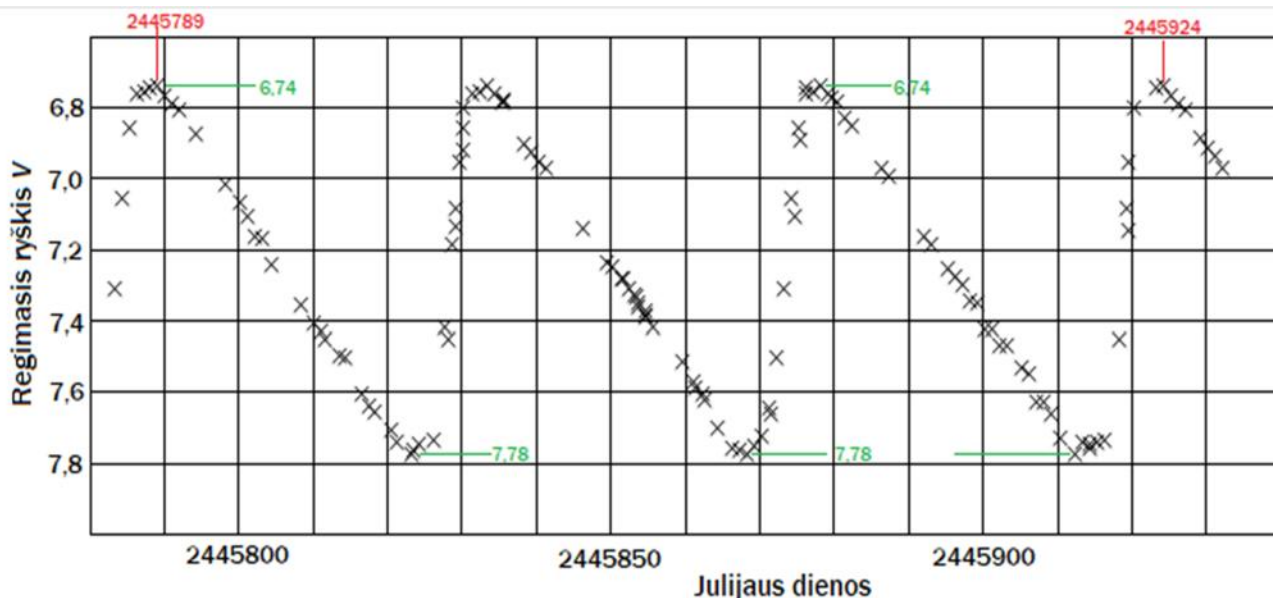
3) Vidutinė spindesio kitimo amplitudė

Iš grafiko matome, kad visi spindesio maksimumai yra vienodame aukštyje. Pagal ordinatės ašies mastelį įvertiname, kad ryškio vertė spindesio maksimume lygi $V_{max} = 6,74$. Visi spindesio minimumai taip pat vienodame lygyje; ryškio vertė spindesio minimume lygi $V_{min} = 7,78$. Taigi, spindesio kitimo amplitudė

$$\Delta V = V_{min} - V_{max} = 7,78 - 6,74 = 1,04$$

4) Kiek kartų cefeidės spindesys maksimume didesnis už jos spindesį minimume.

$$V_{max} - V_{min} = -2,5 \log \frac{J_{max}}{J_{min}}$$
$$\frac{J_{max}}{J_{min}} = 10^{0,4(V_{min} - V_{max})} = 10^{0,4 \times 1,04} \approx 2,6$$



4.1a pav. Cefeidės spindesio kitimo grafikas. Pažymėtos ryškių vertės spindesio minimumuose ir maksimumuose. Spindesio maksimumai atitinka mažiausias regimojo ryškio vertes, o minimumai – didžiausias regimojo ryškio vertes

- Atsakymai:
- 1) *Spindesio kitimo periodas: 45 dienos.*
 - 2) *Stebėjimų laikas: 1984.03.23 – 1984.08.19*
 - 3) *Vidutinė spindesio kitimo amplitudė (ryškiais): 1,04.*
 - 4) *Kiek kartų cefeidės spindesys maksimume didesnis už jos spindesį minimume: 2,6 karto.*