

# Lietuvos mokinių dvidešimt ketvirtoji astronomijos olimpiada

## Atrankinis etapas

### I – II gimnazijos klasių (J) mokiniai

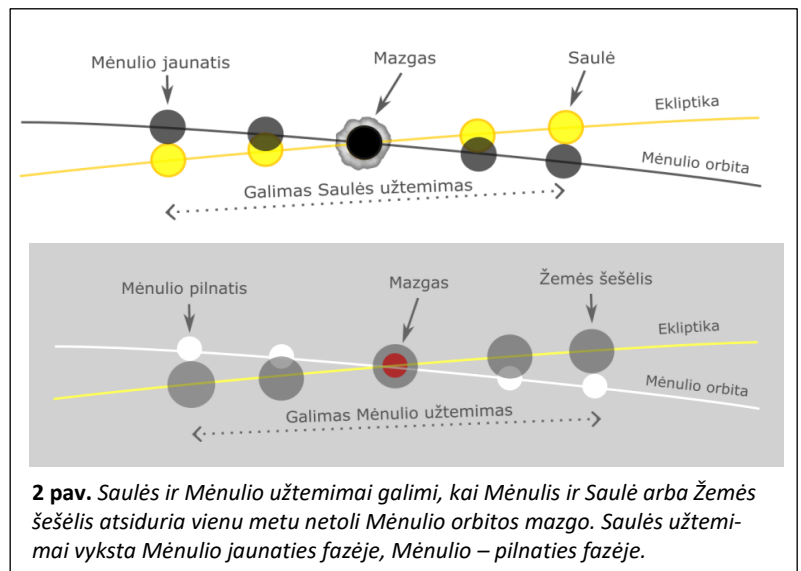
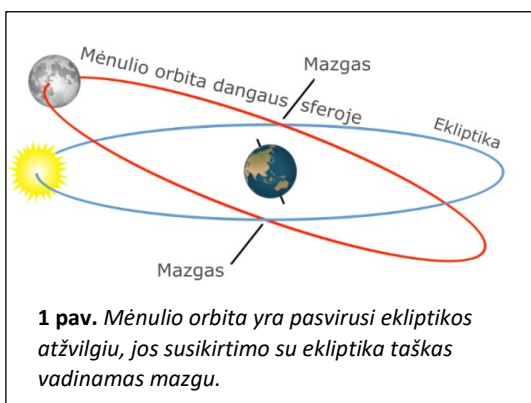
#### 1. Saulės ir Mėnulio užtemimai (15 t)

Atsakykite ir paaiškinkite šiuos klausimus:

- Kodėl, kada ir kokie Saulės ir Mėnulio užtemimai gali įvykti? Kodėl užtemimai neįvyksta kiekvieną mėnesį? Paaiškinimą iliustruokite brėžiniais.
- Kodėl visiškojo Mėnulio užtemimo metu jis lieka matomas, o visiškojo Saulės užtemimo metu tampa matomas Saulės vainikas?
- Kokiomis sąlygomis gali įvykti visiškieji Saulės užtemimai? Kokioje savo orbitos padėtyje (taške) turi būti Mėnulis, kad įvyktų visiškasis Saulės užtemimas? Atsakymą pagrįskite skaičiavimais.
- Koks turėtų būti didžiausias kampinis atstumas tarp Mėnulio ir jo orbitos mazgo, kad dar galėtų įvykti dalinis Saulės užtemimas? Koks turėtų būti šis atstumas, kad dar galėtų įvykti dalinis Mėnulio užtemimas? Atsakymą pagrįskite skaičiavimais.

#### Sprendimas

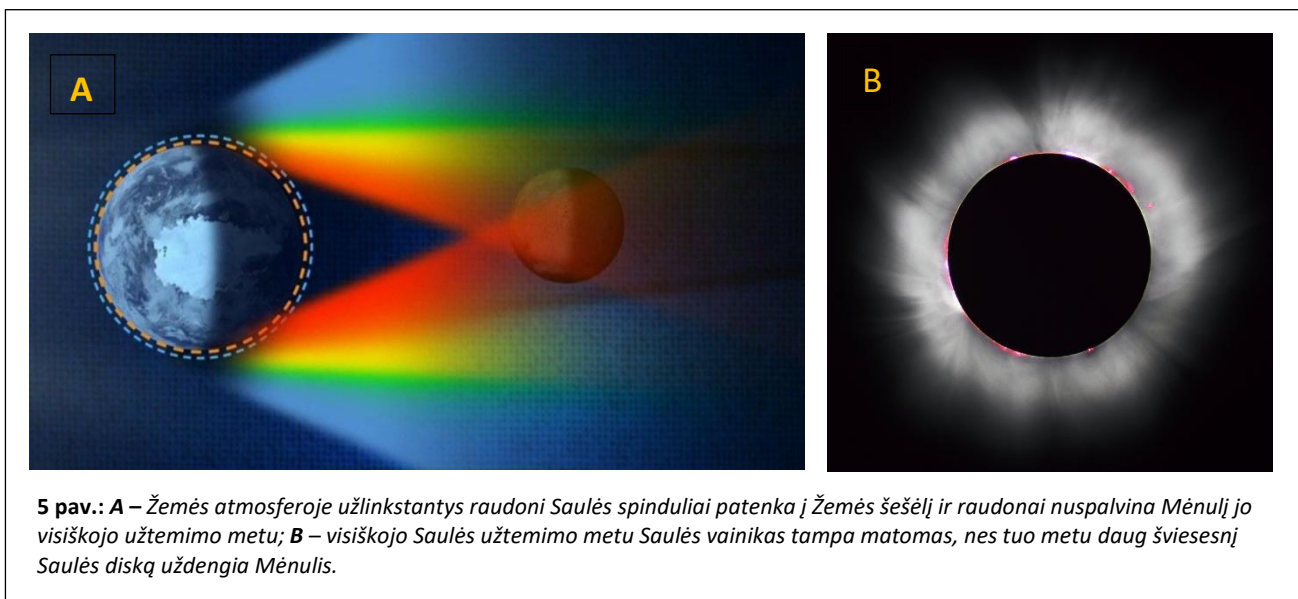
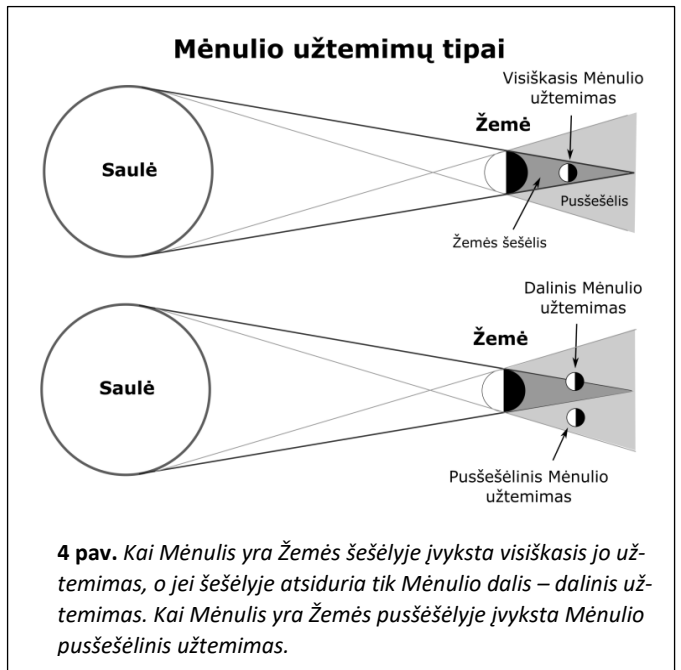
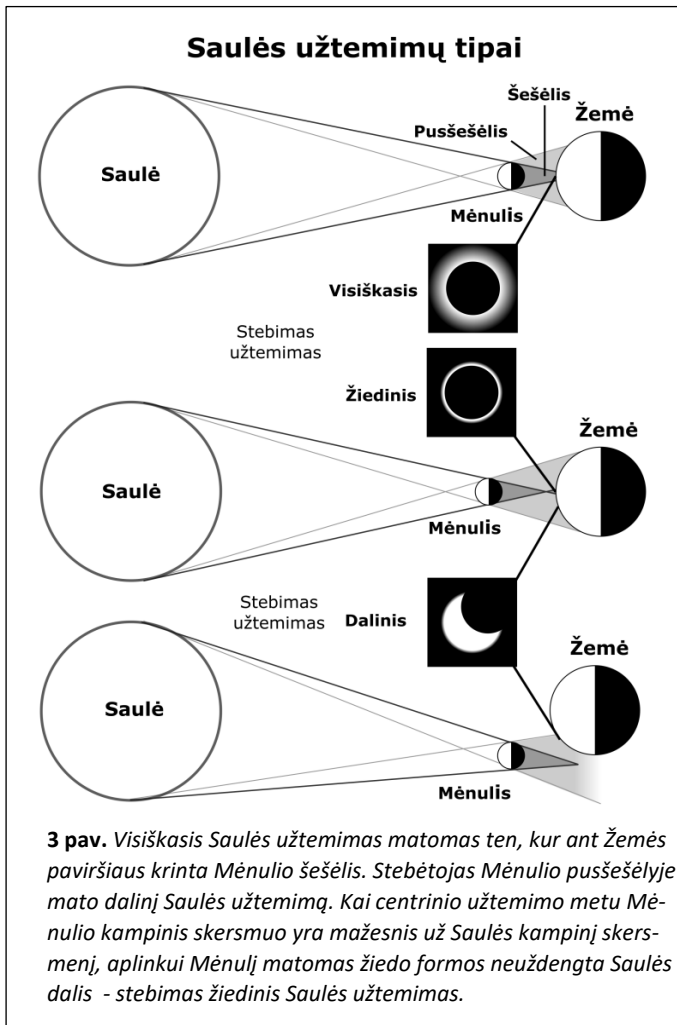
a) Užtemimas įvyksta tada, kai Žemė, Mėnulis ir Saulė išsidėsto vienoje tiesėje. Užtemimai nevyksta kiekvieną mėnesį, nes Mėnulio orbita pasvirusi į ekliptikos plokštumą (1 pav.). Užtemimai gali vykti tik tada, kai Mėnulis atsiduria netoli savo orbitos susikirtimo su ekliptika taško (orbitos mazgo). Mėnulio jaunaties metu gali įvykti Saulės užtemimas, o pilnaties metu – Mėnulio užtemimas (2 pav.).



Visiškasis Saulės užtemimas matomas tik ten, kur ant Žemės paviršiaus krinta Mėnulio šešėlis. Ten, kur ant Žemės krinta Mėnulio pusšešėlis, matomas dalinis Saulės užtemimas. Kai Mėnulio regimasis kampinis skersmuo yra mažesnis už Saulės regimąjį kampinį skersmenį ir kai užtemimas yra centrinis, įvyksta žiedinis Saulės užtemimas (3 pav.). Kai visas Mėnulis arba jo dalis patenka į Žemės šešėlį, įvyksta visiškasis arba dalinis Mėnulio užtemimas, o Mėnuliui atsidūrus Žemės pusšėšėlyje – pusšešėlinis Mėnulio užtemimas (4 pav.).

b) Visiškojo Mėnulio užtemimo metu Mėnulis matomas raudonos spalvos todėl, kad į Žemės šešėlį patenka raudoni Saulės spinduliai, kurie dėl refrakcijos užlinksta Žemės atmosferoje ir apšviečia Mėnulį (5-A

pav.). Šviesos spinduliai, kurių bangų ilgiai trumpesni už raudonųjų spindulių bangų ilgius, atmosferoje išsklaidomi arba sugeriami. Saulės vainiko šviesis yra daug mažesnis už Saulės disko šviesį, todėl ne užtemimo metu jo nematome, nes mus akina Saulė. Visiškojo užtemimo metu jos diską uždengia Mėnulis, todėl vainikas tampa matomas (5-B pav.).



c) Visiškas Saulės užtemimas gali vykti tik tada, kai Mėnulio diskas pilnai uždengia Saulės diską, t. y., kai Mėnulio regimasis kampinis spindulys yra didesnis už Saulės regimąjį kampinį spindulį, ir jų regimųjų diskų centrai beveik sutampa.

Minimalus Mėnulio regimasis kampinis spindulys (apogėjuje):

$$\alpha_{M\min} = \frac{R_M}{a_M(1 + e_M)} = \frac{1737,4}{384\,400 \times (1 + 0,0549)} = 0,004285 \text{ rad} \cong 0,2455^\circ = 14,73'$$

Maksimalus Mėnulio regimasis kampinis spindulys (perigėjuje):

$$\alpha_{M\max} = \frac{R_M}{a_M(1 - e_M)} = \frac{1737,4}{384\,400 \times (1 - 0,0549)} = 0,004782 \text{ rad} \cong 0,274^\circ = 16,44'$$

Minimalus Saulės regimasis kampinis spindulys (kai Žemė afelyje):

$$\alpha_{\odot\min} = \frac{R_{\odot}}{a_{\oplus}(1 + e_{\oplus})} = \frac{695700}{149598000 \times (1 + 0,0167)} = 0,004574 \text{ rad} \cong 0,262^\circ = 15,72'$$

Mėnulis visiškai uždengs šių matmenų regimąją Saulę, jei jis bus nutolęs nuo Žemės atstumu, ne didesniu kaip

$$d = \frac{R_M}{\text{tg } \alpha_{\odot\min}} = \frac{1737,4}{\text{tg } 0,262^\circ} \cong 379\,942 \text{ km}$$

Maksimalus Saulės regimasis kampinis spindulys (kai Žemė bus perihelyje):

$$\alpha_{\odot\max} = \frac{R_{\odot}}{a_{\oplus}(1 - e_{\oplus})} = \frac{695700}{149598000 \times (1 - 0,0167)} = 0,004729 \text{ rad} \cong 0,271^\circ = 16,26'$$

Mėnulis visiškai uždengs šių matmenų regimąją Saulę, jei jis bus nutolęs nuo Žemės atstumu, ne didesniu kaip

$$d = \frac{R_M}{\text{tg } \alpha_{\odot\max}} = \frac{1737,4}{\text{tg } 0,271^\circ} \cong 367\,325 \text{ km}$$

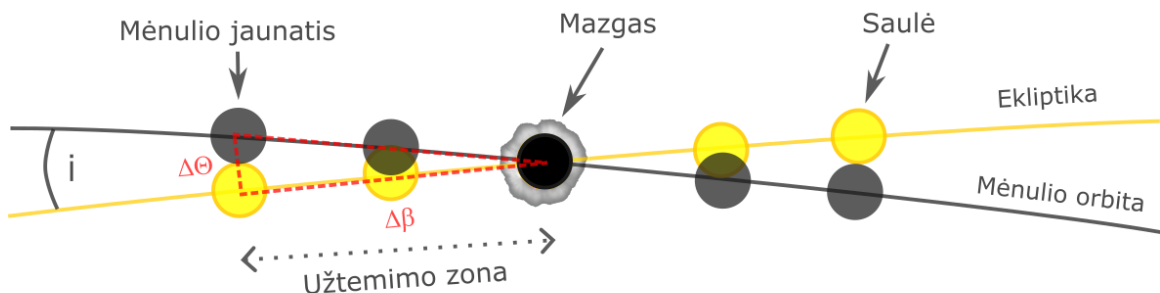
Palyginkite: Mėnulio nuotolis nuo Žemės perigėjuje  $384\,400 \times (1 - 0,0549) \cong 363\,300 \text{ km}$ .

**Ats.: Visiškas Saulės užtemimas gali įvykti tada, kai Mėnulis užtemimo metu yra netoli perigėjaus.**

d) Dalinis Saulės užtemimas gali įvykti tik tada, kai regimasis kampinis atstumas tarp Mėnulio ir Saulės regimųjų diskų centrų yra mažesnis už jų regimųjų kampinių spindulių sumą:

$$\Delta\theta_{\odot\max} = \alpha_{\odot\max} + \alpha_{M\max} = 0,271^\circ + 0,274^\circ = 0,545^\circ,$$

$$\Delta\theta_{\odot\min} = \alpha_{\odot\min} + \alpha_{M\min} = 0,262^\circ + 0,2455^\circ = 0,5075^\circ.$$



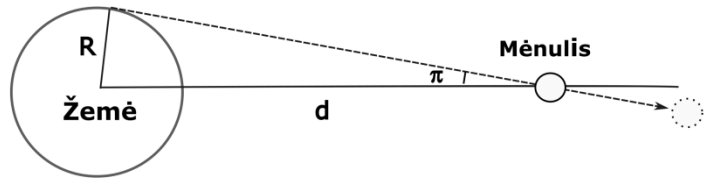
**6 pav.** Mėnulio ir Saulės padėtys Mėnulio orbitos mazgo atžvilgiu, kai gali įvykti Saulės užtemimas.

Apskaičiuojame didžiausią galimą Mėnulio regimąjį kampinį atstumą  $\Delta\beta$  nuo orbitos mazgo (6 pav.) tuo atveju, kai dar gali įvykti dalinis Saulės užtemimas ( $i$  – Mėnulio orbitos posvyris į ekliptiką).

Maksimalių Saulės ir Mėnulio regimųjų kampinių matmenų atveju

$$\Delta\beta_{\max} = \frac{\Delta\theta_{\max}}{i} = \frac{0,545^\circ}{5,145^\circ} \cong 0,1059 \text{ rad} \cong 6,1^\circ.$$

Gavome, kad dalinis Saulės užtemimas gali įvykti tada, kai Mėnulis bus nutolęs nuo mazgo ne toliau kaip  $\pm 6,1^\circ$ . Kadangi Žemė nėra taškinis kūnas, būtina įvertinti Mėnulio kampinį poslinkį dėl stebėtojo vietos Žemėje pokyčio, t. y. atsižvelgti į Mėnulio horizontalinį paralaksą (7 pav.). Didžiausia šio paralakso vertė bus pasiekta tada, kai Mėnulis bus perigėjuje:



7 pav. Mėnulio horizontalinis paralaksas

$$\pi = \frac{R_{\oplus}}{d_{M\min}} = \frac{6371}{363300} \cong 0,0175 \text{ rad} \cong 1^\circ.$$

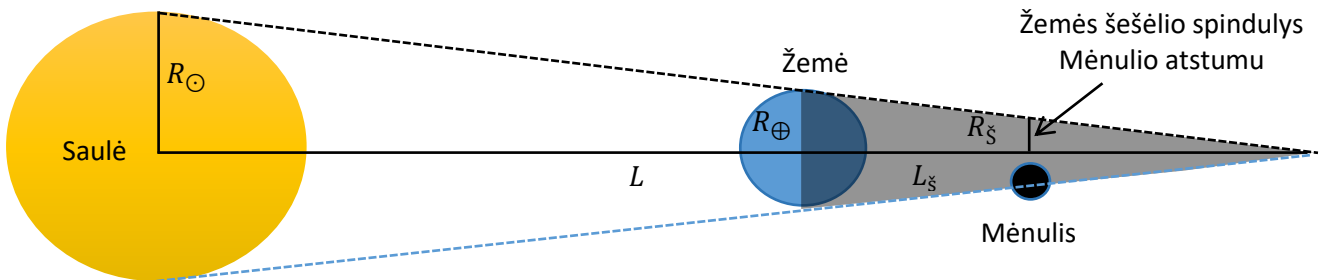
Mėnulio kampinis nuotolis nuo mazgo atsižvelgiant į horizontalinį paralaksą:

$$\Delta\beta_{\max} = \frac{\Delta\theta_{\max} + \pi}{i} = \frac{1,545}{5,145} \cong 0,300 \text{ rad} = 17,2^\circ.$$

**Ats.: Dalinis Saulės užtemimas Žemėje gali būti stebimas tada, kai Mėnulis bus nutolęs nuo orbitos mazgo ne toliau kaip  $\pm 17,2^\circ$ .**

Dalinis Mėnulio užtemimas gali įvykti tik tada, kai regimasis kampinis atstumas tarp Mėnulio regimojo disko centro ir Žemės šešėlio Mėnulio nuotolyje centro yra mažesnis už Mėnulio regimojo disko ir Žemės šešėlio (Mėnulio nuotolyje) kampinių spindulių sumą.

Rasime Žemės šešėlio regimąjį kampinį spindulį  $\alpha_{\oplus}$  vidutiniame Mėnulio nuotolyje nuo Žemės (8 pav.).



8 pav. Saulės, Žemės ir Mėnulio išsidėstymas Mėnulio užtemimo metu (mastelis neišlaikytas).

Pirmiausia, remdamiesi panašųjų trikampių savybe apskaičiuojame Žemės šešėlio kūgio ilgį  $L_{\text{š}}$ :

$$\frac{L_{\text{š}}}{R_{\oplus}} = \frac{L - a_{\oplus}}{R_{\oplus}} = \frac{L}{R_{\odot}}$$

$$L = a_{\oplus} / \left(1 - \frac{R_{\oplus}}{R_{\odot}}\right) = 149598000 / \left(1 - \frac{6371}{695700}\right) \cong 151 \times 10^6 \text{ km}$$

$$L_{\text{š}} = L - a_{\oplus} = 151 \times 10^6 - 149598000 \cong 1,383 \times 10^6 \text{ km}$$

Tada remdamiesi panašųjų trikampių savybe apskaičiuojame šešėlio spindulį  $R_{\text{š}}$  Mėnulio nuotolyje:

$$\frac{R_{\text{š}}}{R_{\oplus}} = \frac{L_{\text{š}} - a_{\text{M}}}{L_{\text{š}}}$$

$$R_{\text{š}} = R_{\oplus} \left(1 - \frac{a_{\text{M}}}{L_{\text{š}}}\right) = 6371 \left(1 - \frac{384400}{1,383 \times 10^6}\right) = 4600 \text{ km}$$

Žemės šešėlio geocentrisis regimasis kampinis spindulys Mėnulio nuotolyje

$$\alpha_{\text{š}} = \arctg\left(\frac{R_{\text{š}}}{a_{\text{M}}}\right) = \arctg\left(\frac{4600}{384400}\right) \cong 0,686^\circ$$

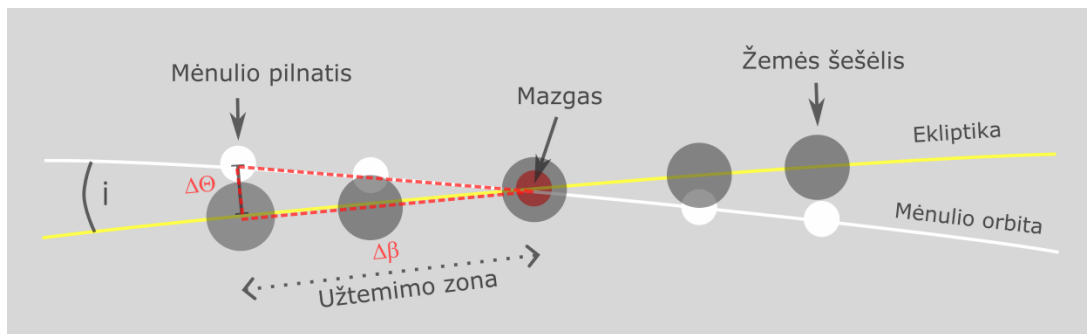
Mėnulio regimasis kampinis spindulys vidutiniame nuotolyje nuo Žemės

$$\alpha_{\text{M}} = \frac{R_{\text{M}}}{a_{\text{M}}} = \frac{1737,4}{384\,400} = 0,00452 \text{ rad} \cong 0,259^\circ$$

Mėnulio regimojo disko ir Žemės šešėlio (Mėnulio nuotolyje) kampinių spindulių suma

$$\Delta\theta = \alpha_M + \alpha_\xi = 0,259^\circ + 0,686^\circ = 0,945^\circ$$

Apskaičiuojame Mėnulio didžiausią regimąjį kampinį nuotolį  $\Delta\beta$  nuo orbitos mazgo tuo atveju, kai dar gali įvykti jo užtemimas (9 pav.).



**9 pav.** Mėnulio ir Žemės šešėlio padėtys Mėnulio orbitos mazgo atžvilgiu tuo atveju, kai gali įvykti Mėnulio užtemimas

$$\Delta\beta = \frac{\Delta\theta}{i} = \frac{0,945^\circ}{5,145^\circ} = 0,1837 \cong 10,5^\circ$$

Gavome, kad dalinis Mėnulio užtemimas gali įvykti tada, kai jis bus nutolęs nuo mazgo ne daugiau kaip  $\pm 10,5^\circ$ .

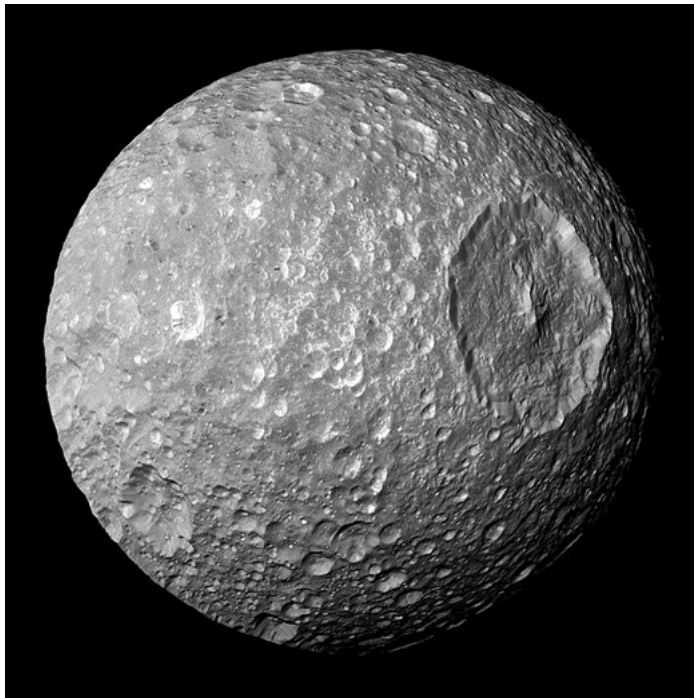
**Ats.:** Dalinis Mėnulio užtemimas gali įvykti tada, kai jis bus nutolęs nuo mazgo ne toliau kaip  $\pm 10,5^\circ$ .

## 2. Mimas (10 t)

2010 m. vasario 13 d. NASA „Cassini“ zondas fotografavo Saturno palydovą Mimą iš 50 000 kilometrų nuotolio su siaurakampiu 200 mm apertūros teleskopu, prie kurio buvo prijungta  $1024 \times 1024$  pikselių CCD kamera. Teleskopo aprėpiamas laukas  $0,35^\circ \times 0,35^\circ$ . Žemiau pateikta Mimo nuotraukų mozaika, kurios matmenys  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ . Šios nuotraukos dešinėje matomas Mimo didžiausias smūginės kilmės Heršelio krateris. Kraterio centre, esančiu ties planetos pusiauju, yra 7 km aukščio kalnas, o kraterio krašte yra 5 km aukščio stačios uolos. Rytinę uolą nuo vakarinės skiria net 40 laipsnių ilgumos kampas.

Naudodamiesi šia nuotrauka įvertinkite:

- Koks yra Mimo spindulys kilometrais?
- Koks yra nuotraukoje matomo Heršelio kraterio skersmuo kilometrais?
- Kokia yra erdvinės skyros Mimo paviršiuje riba metrais?



By NASA / JPL-Caltech / Space Science Institute

### Sprendimas

- a) Įvertiname nuotraukos kraštinės mastelį kilometrais:

$$l = 5 \cdot 10^4 \cdot \operatorname{tg} 0,55^\circ = 436 \text{ km.}$$

Išmatavę duotą nuotrauką gauname, kad Mimo spindulys atitinka apie 45% nuotraukos kraštinės. Taigi, Mimo spindulys yra  $R = 0,45 \cdot 436 \cong 200 \text{ km}$ .

- b) Apskaičiuojame Mimo kraterio skersmenį iš pusiaujo lanko dalies:

$$d = 2\pi R \frac{40^\circ}{360^\circ} = 140 \text{ km.}$$

c) Teleskopo su CCD kamera kampinę skyrą gali apriboti difrakcija arba pikselio dydis. Teleskopo teorinę skiriamąją gebą riboja difrakcija:

$$\theta_D = 1,22 \cdot \frac{550 \cdot 10^{-9}}{0,2} = 3,4 \cdot 10^{-6} \text{ rad}$$

Vieno pikselio kampinė skiriamoji geba

$$\theta_{\text{px}} = \frac{0,35^\circ}{1024} = 6 \cdot 10^{-6} \text{ rad.}$$

Matome, kad teleskopo su CCD kamera kampinę skyrą lemia pikselių kiekis. Vadinasi, Mimo paviršiuje galima išskirti erdvines detales, kurių matmenys didesni už vieno pikselio apimamą dydį:

$$\Delta l = 5 \cdot 10^4 \cdot 6 \cdot 10^{-6} = 0,3 \text{ km} = 300 \text{ m}$$

### 3. Vasario 6 d. dangus (10 t)

Kitame lape pateiktas žvaigždėlapis, kuriame atvaizduota viso šiaurinio dangaus projekcija pusiaujinėje koordinacių sistemoje. Saulės sistemos objektai žvaigždėlapyje nepažymėti.

Tarkime, kad stebėjimai atliekami Molėtų astronomijos observatorijoje, kurios geografinės koordinatės yra šios:  $\varphi = 55^{\circ}19'$ ;  $\lambda = 1^{\text{h}}42,25^{\text{m}}$ .

Užduotys:

- a) Žvaigždėlapyje apibrėžkite sritį, kurioje esančios žvaigždės niekada nenusileidžia žemiau horizonto. Paaiškinkite savo sprendimą žemiau duotame langelyje.

- b) Žvaigždėlapyje nubrėžkite ekliptiką.

- c) Žvaigždėlapyje užrašykite žvaigždynų, per kuriuos eina ekliptika, lotyniškas trijų raidžių santrumpas. Žemiau duotame langelyje užrašykite šių žvaigždynų lietuviškus pavadinimus ir lotyniškas jų santrumpas. (nurodyti ne daugiau, kaip 5 žvaigždynus)

***Tarkime, kad stebėjimai bus atlikti vasario 6 d. 21 val. Lietuvos laiku.***

- d) Žvaigždėlapyje nubrėžkite dienovidinio liniją. Paaiškinkite savo sprendimą.

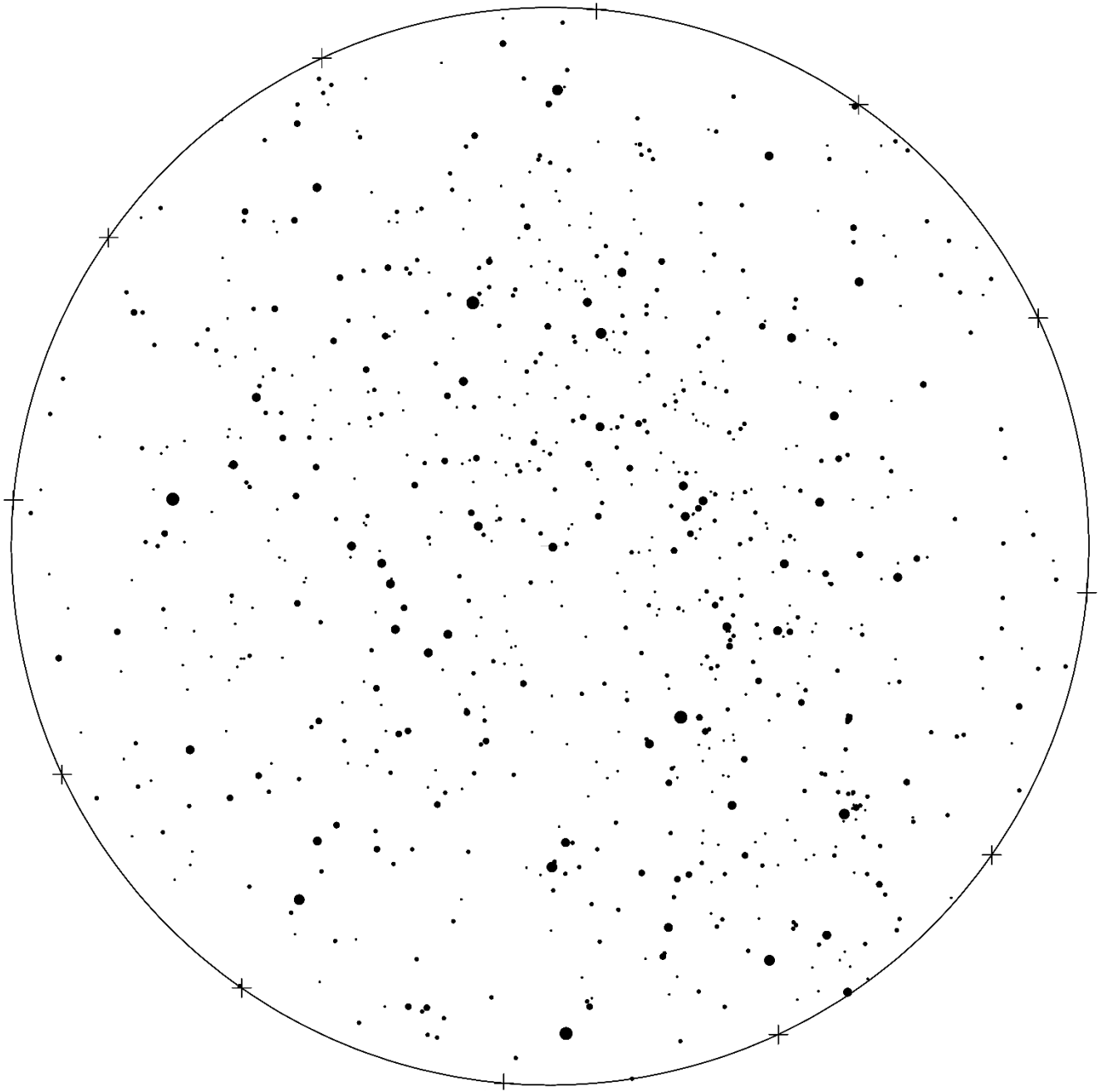
- e) Žvaigždėlapyje užrašykite žvaigždynų, per kuriuos eina dienovidinis, lotyniškas trijų raidžių santrumpas. Žemiau duotame langelyje užrašykite šių žvaigždynų lietuviškus pavadinimus ir lotyniškas jų santrumpas.

- f) Kokia didžiausio regimojo spindesio žvaigždė yra viršutinėje kulminacijoje? Pažymėkite ją žvaigždėlapyje ir žemiau duotame langelyje užrašykite jos tikrinį vardą ir Bajerio žymėjimą.

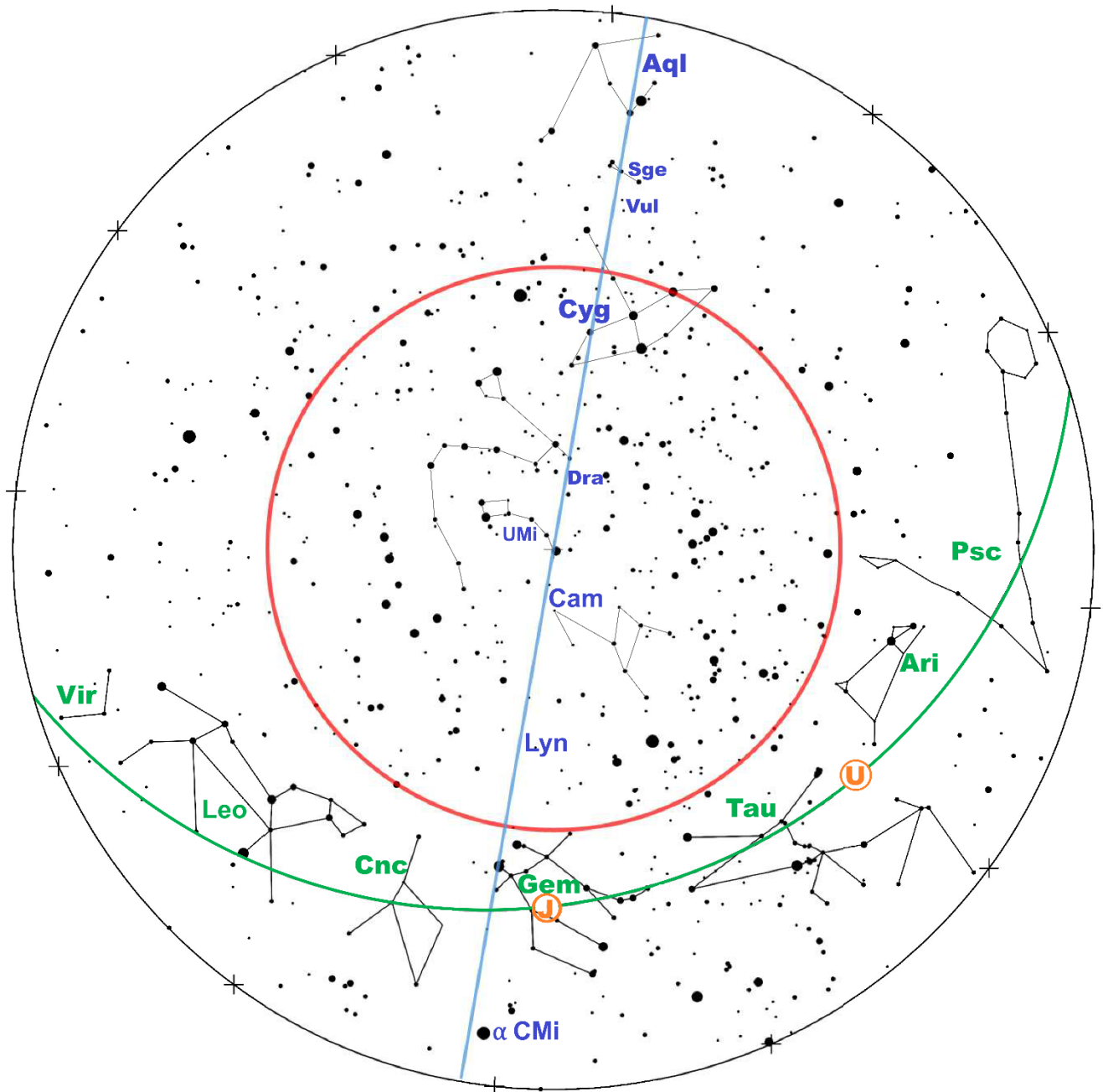
- g) Žvaigždėlapyje pažymėkite ir užrašykite planetų, kurios bus matomos nurodytu laiku, vardus.

- h) Ar matomas Mėnulis? Jei taip, tai pažymėkite jo vietą žvaigždėlapyje ir užrašykite jo fazę.

Patarimas: Pasinaudokite virtualaus dangaus (planetariumo) programa.



Sprendimas



- a) Žvaigždėlapyje apibrėžkite sritį, kurioje esančios žvaigždės niekada nenusileidžia žemiau horizonto. Paaiškinkite savo sprendimą žemiau duotame langelyje.

Nenusileidžia žvaigždės, kurių deklinacijos  $\delta > 90^\circ - \varphi$ . Molėtų observatorijai  $\delta > 90^\circ - 55^\circ 19' = 34^\circ 41'$ . Atsižvelgiant į atmosferos refrakciją ties horizontu  $\delta_r > 34^\circ 41' - 35' = 34^\circ 06'$ . Virtualiojo dangaus žvaigždėlapyje randame, kad arti šios ribos yra  $\epsilon$  Cyg ( $\delta = 34^\circ 04'$ ) ir 46 LMi ( $\delta = 34^\circ 04'$ ). Sąlygoje duoto žvaigždėlapio mastelyje šios abi žvaigždės praktiškai žymi nenusileidžiančių žvaigždžių ribinę deklinaciją. Tuo pasinaudodami duotame žvaigždėlapyje apibrėžiame nenusileidžiančių žvaigždžių sritį. Tai yra apskritimas, kurio centras yra šiaurinis dangaus poliūs (raudonas apskritimas).

- b) Žvaigždėlapyje nubrėžkite ekliptiką.
- c) Žvaigždėlapyje užrašykite žvaigždynų, per kuriuos eina ekliptika, lotyniškas trijų raidžių santrumpas. Žemiau duotame langelyje užrašykite šių žvaigždynų lietuviškus pavadinimus ir lotyniškas jų santrumpas. (nurodyti ne daugiau, kaip 5 žvaigždynus)

Ekliptiką žymi žalios spalvos linija. Ekliptika eina per šiuos žvaigždynus: [Žuvys (Psc)], Avinas (Ari), Taurus (Tau), Dvyniai (Gem), Vėžys (Cnc), Liūtas (Leo), [Mergelė (Vir)].

**Tarkime, kad stebėjimai bus atlikti vasario 6 d. 21 val. Lietuvos laiku.**

d) Žvaigždėlapyje nubrėžkite dienovidinio liniją. Paaiškinkite savo sprendimą.

Duotu laiku žvaigždinis laikas Molėtų observatorijoje buvo lygus  $s = 7^h48^m$ . Todėl viršutinėje kulminacijoje buvo žvaigždės (ir kiti šviesuliai), kurių rektascensijos  $\alpha = s = 7^h48^m$ , o apatinėje kulminacijoje žvaigždės, kurių  $\alpha = s + 12^h = 7^h48^m + 12^h = 19^h48^m$ . Arčiausiai viršutinės kulminacijos buvo  $\beta$  Gem, kurios  $\alpha = 7^h47^m$ . Apatinėje kulminacijoje buvo  $\gamma$  Aql, kurios  $\alpha = 19^h48^m$ . Dienovidinio linija yra (mėlynos spalvos) tiesė, nubrėžta per  $\gamma$  Aql ir dangaus šiaurinį polių ir einanti šiek tiek kairiau  $\beta$  Gem.

e) Žvaigždėlapyje užrašykite žvaigždynų, per kuriuos eina dienovidinis, lotyniškas trijų raidžių santrumpas. Žemiau duotame langelyje užrašykite šių žvaigždynų lietuviškus pavadinimus ir lotyniškas jų santrumpas.

Žvaigždynai, per kuriuos eina dienovidinis: Mažasis Šuo (CMi), Dvyniai (Gem), Lūšis (Lyn), Žirafa (Cam), Mažieji Grįžulo Ratai (UMi), Slibinas (Dra), Gulbė (Cyg), Laputė (Vul), Strėlė (Sge), Erelis (Aql).

f) Kokia didžiausio regimojo spindesio žvaigždė yra viršutinėje kulminacijoje? Pažymėkite ją žvaigždėlapyje ir žemiau duotame langelyje užrašykite jos tikrinį vardą ir Bajerio žymėjimą.

Prokionas ( $\alpha$  CMi), regimasis ryškis 0,4.

g) Žvaigždėlapyje pažymėkite ir užrašykite planetų, kurios bus matomos nurodytu laiku, vardus. Jupiteris (J) ir Uranas (U).

h) Ar matomas Mėnulis? Jei taip, tai pažymėkite jo vietą žvaigždėlapyje ir užrašykite jo fazę. Mėnulis nematomas (dar nepatekėjęs).

#### 4. Šiaurės Vainiko T sužibimo belaukiant (15 t)

Šiaurės Vainiko T (T CrB) yra kartotinė nova, kuri staigiai sužimba maždaug kas 80 metų. Paskutinį kartą tai įvyko 1946 m., o artimiausio sužibimo laukiama 2024–2026 m. laikotarpiu.

Šiaurės Vainiko T sistemą sudaro raudonoji milžinė ir baltoji nykštukė. Novos spindesio sužibimas (sprogimas) įvyksta tada, kai ant baltosios nykštukės paviršiaus susikaupia pakankamai didelis medžiagos kiekis, pertekantis iš raudonosios milžinės, ir staigiai prasideda nevaldomos termobranduolinės reakcijos.

*Duomenys:*

- Novos atstumas:  $d = 800$  pc.
- Novos regimasis ryškis spindesio minimume (ramybės būsenoje):  $m_{\min} = +10,0$ .
- Novos regimasis ryškis žybsnio (spindesio) maksimume :  $m_{\max} = +2,0$ .
- Žybsnio (sprogimo) metu numesto medžiagos sluoksnio (apvalkalo) plėtimosi greitis  $v = 2000$  km/s.

*Užduotys:*

- Apskaičiuokite, kiek kartų padidėja novos šviesis spindesio maksimume palyginus su jos šviesiu ramybės būsenoje.
- Apskaičiuokite, kiek kartų novos šviesis spindesio maksimume didesnis už Saulės šviesį.
- Astronomai planuoja išmatuoti besiplečiančio novos apvalkalo regimąjį kampinį spindulį su antžeminiu interferometru, kurio kampinė skiriamoji geba  $\theta_{\min} = 1$  mas (angl. *miliarcsecond*). Po kelių valandų ( $t$ ) nuo spindesio maksimumo momento apvalkalo regimasis kampinis spindulys pasieks tokį dydį, kurį bus galima išmatuoti šiuo interferometru? Tarkite, kad apvalkalo plėtimosi greitis yra pastovus.

#### Sprendimas

a) Sužibusios novos ryškio pokytis  $\Delta m = m_{\min} - m_{\max} = 10,0 - 2,0 = 8,0$ .

Pagal Pogsono formulę novos šviesio spindesio maksimume santykis su jos šviesiu spindesio minimume lygus

$$\frac{L_{\max}}{L_{\min}} = 2,5^{\Delta m} = 2,5^{8,0} = \mathbf{1526}$$

**Ats.:** Spindesio maksimume nova yra 1526 kartų šviesesnė palyginus su jos šviesiu ramybės būsenoje.

b) Novos absoliutusias ryškis spindesio maksimume

$$M_{\max} = m_{\max} - 5 \lg d + 5 = 2,0 - 5 \lg 800 + 5 = -7,515$$

Novos ir Saulės absoliučiąjį ryškių ir šviesių sąryšis:

$$M_{\max} - M_{\odot} = -2,5 \lg \frac{L_{\max}}{L_{\odot}}$$

Iš čia

$$\frac{L_{\max}}{L_{\odot}} = 10^{0,4(M_{\odot} - M_{\max})} = 10^{0,4(4,83 + 7,515)} \cong 86700$$

**Ats.:** Žybsnio spindesio maksimume nova šviečia kaip **86 700** Saulių.

c) Mažiausias kampinis atstumas (šiuo atveju kampinis spindulys), kurį galima išmatuoti su duotu interferometru, yra lygus jo kampinei skyrai. Taigi, besiplečiančio apvalkalo kampinį spindulį bus galima išmatuoti, kai jo kampinis skersmuo taps lygiu interferometro skiriamajai gebai, t. y., kai

$$\alpha = \theta_{\min} = 0,001/206265 = 4,85 \cdot 10^{-9} \text{ rad}$$

Tuo metu apvalkalo linijinis spindulys bus lygus (naudojame mažo kampo formulę)

$$R = \alpha d$$

(Pastaba: mažasis kampas ( $\alpha$ ) turi būti išreikštas radianais.)

Laiko tarpas, per kurį apvalkalas išsiplės iki  $R$  dydžio spindulio, bus lygus

$$t = \frac{R}{v} = \frac{\alpha d}{v}$$

Atstumą  $d$  išreiškiame kilometrais:

$$d = 800 \cdot 3,0857 \cdot 10^{13} = 2,47 \cdot 10^{16} \text{ km}$$

Apskaičiuojame laiką:

$$t = \frac{4,85 \cdot 10^{-9} \cdot 2,47 \cdot 10^{16}}{2000} \cong 60000 \text{ s} \cong \mathbf{17 \text{ h}}$$

**Ats.: 17 h**

## 5. Elipsinė galaktika (10 t)

Elipsinė galaktikos spindulys  $R = 300 \text{ kpc}$ , masė  $\mathcal{M} = 3 \cdot 10^{13} \mathcal{M}_{\odot}$ .

- Per kiek laiko žvaigždė, judanti pačiame galaktikos pakraštyje, vieną kartą apskries šios galaktikos centrą? Palyginkite gautą atsakymą su Visatos amžiumi (13,8 milijardų metų).
- Koks būtų šios žvaigždės judėjimo greitis, jei ji judėtų apskritimine orbita?

### Sprendimas

a) Panaudojame 3-ąjį apibendrintąjį Keplerio dėsnį:

$$\frac{P^2(\mathcal{M} + m_z)}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G};$$

čia  $P$  – žvaigždės apskriejimo aplink galaktikos centrą periodas,  $r$  – žvaigždės orbitos didysis pusašis,  $\mathcal{M}$  – galaktikos masė,  $m_z$  – žvaigždės masė,  $G$  – gravitacijos konstanta.

Pagal uždavinio sąlygą  $r = R$ , ir  $\mathcal{M} \gg m_z$  (žvaigždės masės galime nepaisyti). Todėl

$$P = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{G\mathcal{M}}} = 2\pi \sqrt{\frac{(3 \cdot 10^5 \cdot 3,086 \cdot 10^{16})^3}{6,674 \cdot 10^{-11} \cdot 3 \cdot 10^{13} \cdot 1,989 \cdot 10^{30}}} = 8,865 \cdot 10^{16} \text{ s} = 2,8 \cdot 10^9 \text{ a}$$

Tai sudaro apie penktadalį Visatos amžiaus.

Žvaigždės orbitinio judėjimo greitis

$$v = \frac{2\pi R}{P} = \frac{2\pi \cdot 3 \cdot 10^5 \cdot 3,086 \cdot 10^{16}}{8,865 \cdot 10^{16}} = 6,56 \cdot 10^5 \text{ m/s} = 656 \text{ km/s}$$