

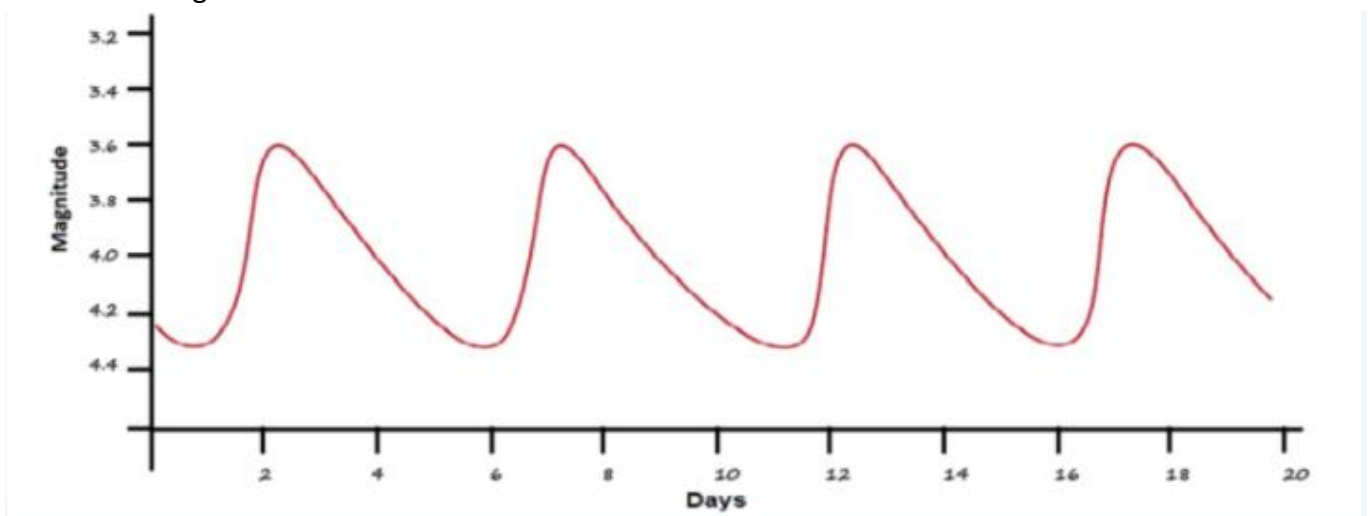


## 1. TESTS

1. Kura mazā planēta, kuras nosaukums saistīts ar Latviju, nosaukta kāda astronomijas studenta vārdā?

- Artmane
- Krastiņš
- Krišbarons
- Vasks

2. Kas attēlots grafikā?



- Zvaigznes krāsas izmaiņas
- Zvaigznes lieluma izmaiņas
- Zvaigznes spožuma izmaiņas
- Komētas attāluma no zvaigznes izmaiņas

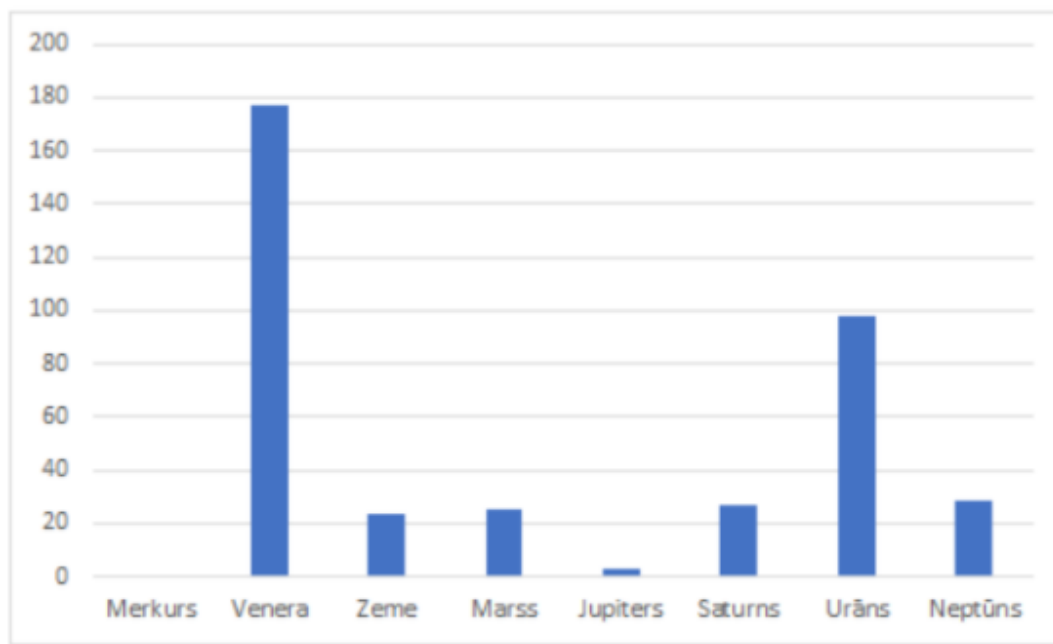
3. Didzītis savos Latvijas laukos izgāja laukā pusnaktī un nepagāja ne stunda, kad viņš redzēja kulminējam spožāko nakts debess zvaigzni. Kad šis varēja notikt?

- 1. novembrī
- 1. decembrī
- 1. janvārī
- 1. februārī

4. Kādā pavasara rītā Grieta pamodās savā Rīgas dzīvoklī. Viņa paskatījās pa logu un aiz loga ieraudzīja šauru dilstoša Mēness sirpīti. Uz kuru debesspusi pavērsts Grietas logs?

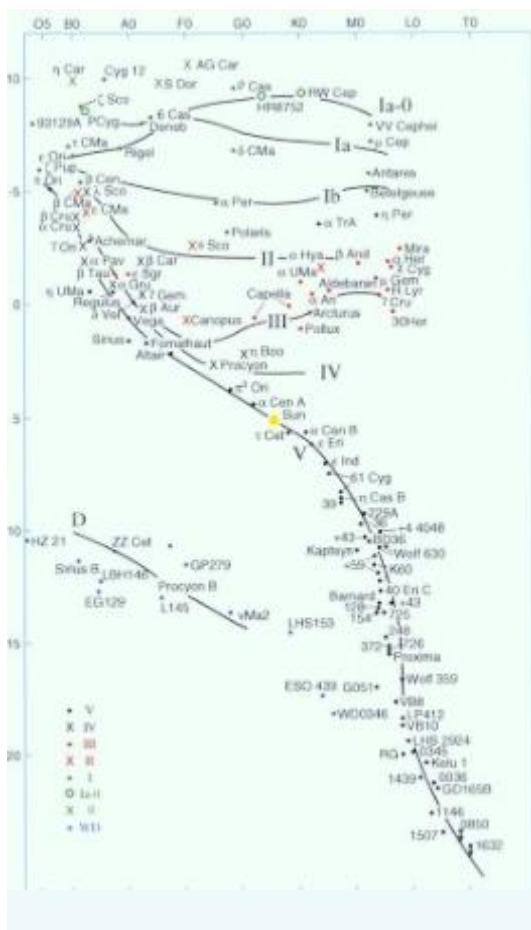
- DA
- DR
- ZA
- ZR

## 5. Kas attēlots grafikā?



- Vidējā temperatūra uz planētas virsmas
- Planētas atmosfēras blīvums
- Planētas rotācijas ass slīpums
- Diennakts garums uz planētas

## 6. Ko **nevar** uzzināt jebkurai grafikā atliktajai zvaigznei - no šī grafika?

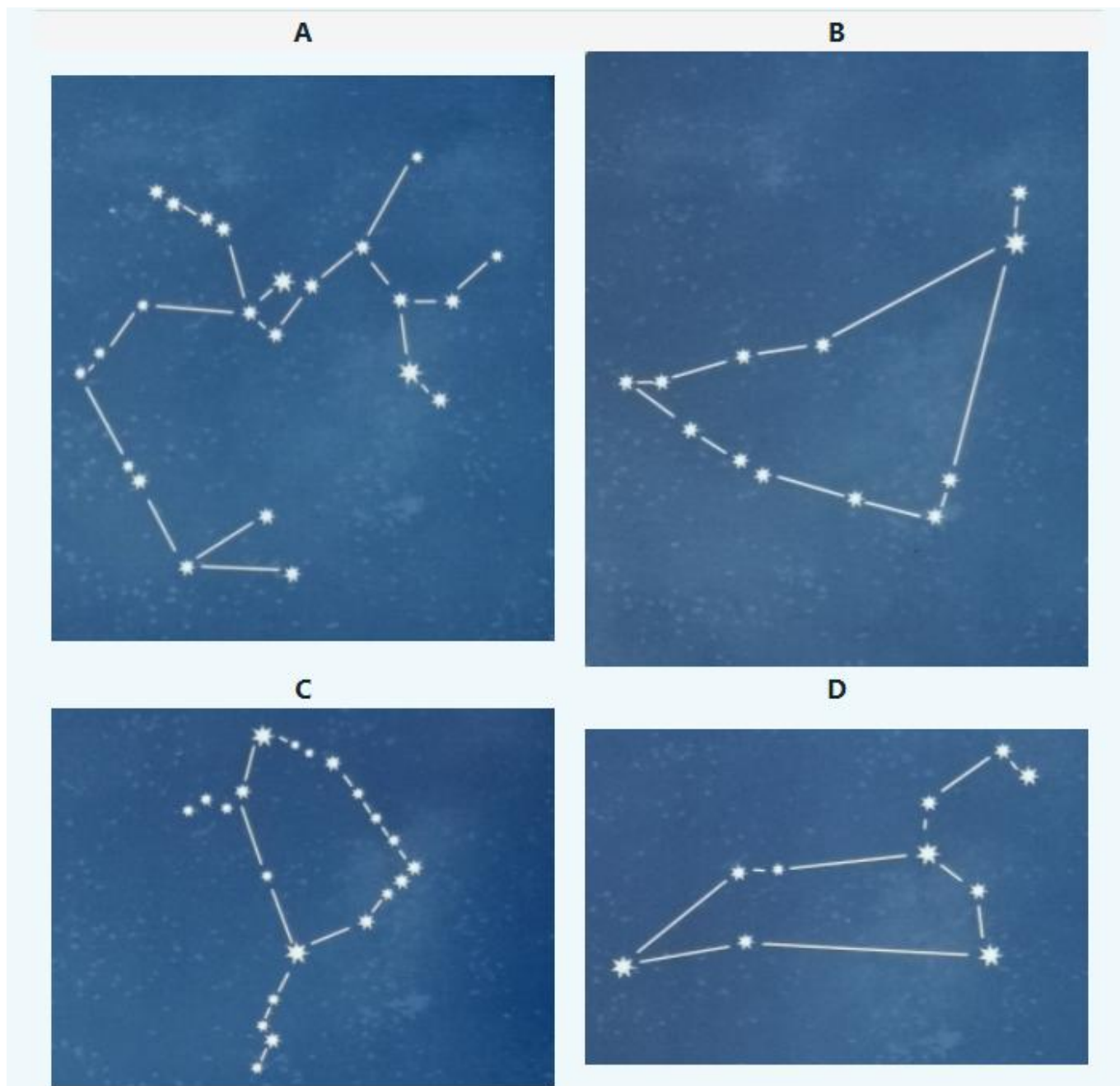


- Zvaigznes spektra klasi
- Zvaigznes attālumu no Saules
- Zvaigznes absolūto zvaigžņlielumu
- Zvaigznes izmēru

7. Kas kopīgs šiem objektiem – Andromedas galaktika, Sietiņš, Oriona miglājs, Krabja miglājs?

- Tos visus zināja jau Senajā Grieķijā
- Tie visi ir emisijas miglāji
- 1774. gadā tie visi nokļuva kāda slavena astronoma katalogā
- Tie visi sastāv no vairākām zvaigznēm

8. Kuros no šiem zvaigznājiem Saule atradās 2020. gada decembrī?

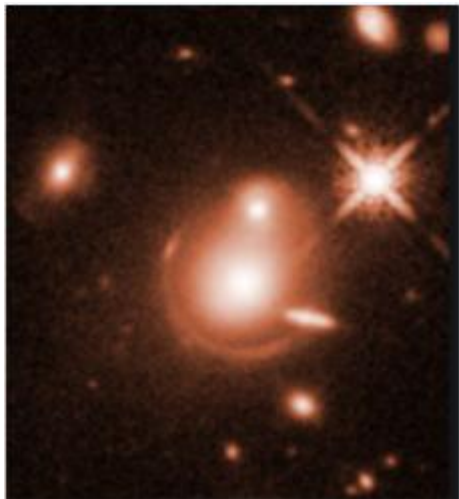


- A un B
- A un C
- A un D
- B un D

9. Kurā zvaigznāja atrodas alfa, kuras rektascensija ir aptuveni 0h 08m un deklinācija ir aptuveni +29° 5'?

- **Andromēdas**
- Dienvidu Zivs
- Pegaza
- Zivs

10. Kas ir redzams attēlā?



- Planētu sistēma ap tālu zvaigzni
- Planetārais miglājs
- Pirmais nofotografētais melnais caurums
- **Gravitācijas lēca**

## 2. DEBESS FOTOGRĀFIJAS ANALĪZE

levēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes. Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Lai atbildētu uz jautājumiem, izmantojiet doto fotogrāfiju un zvaigžņu karti.



A Kādi zvaigznāji vai to nozīmīgas zvaigznes ir redzami fotogrāfijā? (0,5 p par katru pareizo atbildi, -0,5 p par katru nepareizo atbildi) [2 p]

- Orions
- Kasiopeja
- Lielais Lācis
- Jaunava
- Vedējs
- Vēršu dzinējs
- Medību suņi
- Lauva
- Ziemeļu Vainags
- Dienvidu Krusts

Fotogrāfijā var viegli atpazīt Lielo Lāci (UMa) un tad ar zvaigžņu kartes palīdzību identificēt Vēršu Dzinēja (Boo), Medību Suņu (CVn), Pūča (Dra) un Ziemeļu Vainaga (CrB) zvaigznājus.



**B** Nosakiet Ziemeļu virzienu (izvēlieties vienu no dotajiem cipariem). [1 p]



- 1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10

No Lielā Lāča zvaigznāja var novērtēt Polārzcvaigznes pozīciju un, projicējot uz horizontu, ziemeļu punktu. Sanāk tuvu punktam 4.

**C** Kāds ir ģeogrāfiskās vietas platums? [1 p]

**Atbilde:**  $\varphi = \dots^{\circ}$

No grozāmās zvaigžņu kartes nosaka ziemeļos novērojamo zvaigžņu deklināciju delta (Upsilon UMa: +59 deg, Theta UMa: +51 deg, tātad uz horizonta ap +42 deg), tad ģeogrāfiskais platums  $\phi$  ir 90 grādi - delta. Sanāk ap 48 grādiem. (Pieļaujams kļūdas intervāls: no 44 līdz 52 grādiem).

**D** Nosakiet fotogrāfiskā uzņēmuma zvaigžņu laiku. [2 p]

**Atbilde:** .... h

Redzam, ka Upsilon UMa ir tuvu apakšējai kulminācijai. No tās rektascencijas ap 10h nosakam, ka zvaigžņu laiks ir ap 22 h. (Pieļaujama kļūdu intervāls: no 21h līdz 23h).

**E** Nosakiet, kurā mēnesī aptuveni tika uzņemta fotogrāfija, ja ir zināms, ka tā tika uzņemta desmitos vakarā pēc vietēja Saules laika! [1,5 p]

- janvāra beigās
- marta beigās
- maija beigās
- jūlija beigās
- septembra beigās
- novembra beigās

Ja zvaigžņu laiks ir vienāds ar Saules laiku, tad fotogrāfija tika uzņemta tuvu rudens ekvinokcijai.

**F** Nosakiet aptuvenu leņķisko attālumu no fotogrāfijas centra līdz tās augšējai robežai. [1 p]

**Atbilde:** ....<sup>0</sup>

Pēc zvaigžņu kartes nosakam, ka fotogrāfijas leņķiskais pus-augstums ir ap  $\theta/2 = 23-25$  grādi (no kartes ir daudz praktiskāk noteikt leņķiskā augstuma starpības, nekā citus leņķiskus attālumus). Pareizas atbildes robežām ir jābūt no 22 līdz 26 grādiem.

**G** Nosakiet fotoaparāta objektīva fokusa attālumu, ja zināms, ka fotogrāfija tika uzņemta uz lādiņsaites matricas, kuras izmērs ir 24x36 mm. [1,5 p]

**Atbilde:**  $F = \dots$  mm

No taisnstūra trīsstūra var novērtēt fokusa attālumu kā

$$F = \frac{h/2}{\operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right)} = \frac{12}{0.45} = 26.7 \text{ mm}$$

Pieļaujamais kļūdu intervāls – no 25 līdz 30 mm.

### 3. CEĻOJUMS UZ MARSU

ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes. Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

**A** Pagājušā gada jūlijā uz Marsu tika palaisti uzreiz trīs kosmiskie aparāti: Al Amal (AAE), Tianwen 1 (Ķīna) un Mars 2020 (ASV). Pieņemiet, ka zondes lido pa Homana-Candera orbītu (tas ir, to orbītas perihēlijs atrodas tuvu Zemes orbītai, bet afēlijs atrodas tuvu Marsa orbītai)! Pieņemsim, ka attālums starp Zemi un Sauli ir 1,00 au un attālums starp Marsu un Sauli zondes atlidošanas brīdī ir 1,56 au. Novērtējiet zondes

**A1** orbītas lielo pusasi [0.5 p]

**Atbilde:**  $a = \dots$  au

**A2** orbitālo periodu dienās [1 p]

**Atbilde:**  $T = \dots$  dienas

**A3** lidojuma ilgumu dienās [0,5 p]

**Atbilde:**  $t = \dots$  dienas

Lidojuma ilgums ir puse no orbitālā perioda  $T$ , bet orbitāls periods saskaņā ar trešo Keplera likumu ir noteikts tikai ar orbītas lielo pusasi  $a$ , kas ir puse no perihēlija un afēlija attāluma summas. Tātad, lielā pusass ir  $a = 0.5 (1,00 \text{ au} + 1,56 \text{ au}) = 1,28$  au un periods ir  $T [\text{y}] = a [\text{au}]^{3/2} = 1,448 \text{ y} = 529$  d. Lidojuma ilgums ir puse no perioda, tas ir, **264,5** dienas vai ap 9 mēnešiem.

**B** Pieņemsim, ka lidojuma ilgums ir 274 dienas (šī vērtība var atšķirties no iepriekšējā punktā aprēķinātās) un ka Zeme kustās pa riņķveida trajektoriju, nosakiet:

**B1** Attālumu no Zemes līdz Marsam dienā, kad zonde sasniedz Marsu [1 p]

**Atbilde:**  $d = \dots$  au

Kad zonde sasniedz Marsu, tas atrodas savas orbītas punktā, kas ir pretējā Saules pusē no palaišanas punkta. Zeme šajās 274 dienās veica 270 grādus ap Sauli. Tātad, skatoties no Saules, starp virzieniem uz Zemi un uz Marsu ir taisns leņķis. Izmantojot Pitagora teorēmu, iegūsim attālumu

$$d = \sqrt{a_{Zeme}^2 + a_{Marss}^2} = \sqrt{2.56} = 1.6 \text{ au}$$

**B2** Marsa elongāciju dienā, kad zonde sasniedz Marsu [1 p]

**Atbilde:**  $elongācija = \dots^\circ$

Izmantojot tangensa definīciju taisnstūra trīsstūrī,

$$tg(elongācija) = \frac{d_{marss}}{a_{Zemes}} = 1.56$$

un elongācija ir **57,3** grādi.



C Aizlidojot prom no Zemes, zonde attīsta ātrumu 3,1 km/s attiecībā pret Zemi, lai sāktu kustību pa savu orbītu. Zemes un Marsa kustības ātrumi pa savām orbītām ir aptuveni 29,8 km/s un 24,0 km/s.

C1 Kādā virzienā kustās zonde, īsi pēc aizlidošanas no Zemes [0,5 p]

- virzienā uz Sauli (t.i. skatoties no Zemes, zonde atrodas tuvu Saulei)
- virzienā uz Marsu (t.i. skatoties no Zemes, zonde atrodas tuvu Marsam)
- Zemes kustības virzienā (t.i. skatoties no Zemes, zonde atrodas tuvu ekliptikai tur, kur Saule bija pirms trim mēnešiem)
- Pretēji Zemes kustības virzienam (t.i. skatoties no Zemes zonde atrodas tuvu ekliptikai tur, kur Saule būs pēc trim mēnešiem)

C2 Cik liels ir zondes heliocentriskais ātrums, aizlidojot prom no Zemes? [0.5 p]

Atbilde:  $v_{(r, \min)} = \dots$  km/s

C3 Cik liels ir zondes heliocentriskais ātrums, pielidojot Marsam? [1.0 p]

Atbilde:  $v_{(r, \max)} = \dots$  km/s

C4 Ar cik lielu ātrumu attiecībā pret Marsu zonde tam tuvojas? [0.5 p]

Atbilde:  $v = \dots$  km/s

Zonde kustās ap Sauli tajā pašā virzienā kā Zeme, bet ātrāk, tātad tās heliocentriskais ātrums orbītas perihēlijā ir

$$v_{(r, \min)} = 29,8 \text{ km/s} + 3,1 \text{ km/s} = 32,9 \text{ km/s.}$$

No otrā Keplera likuma nosakam ātrumu orbītas afēlijā:

$$v_{(r, \max)} \times r_{\max} = v_{(r, \min)} \times r_{\min}$$

no kurienes

$$v_{(r, \max)} = \frac{v_{r, \min} \times r_{\min}}{r_{\max}} = \frac{3,29 \times 1,00}{1,56} = 21,1 \text{ km/s}$$

Šis ātrums ir mazāks nekā Marsa ātrums par  $24,0 - 21,1 = 2,9$  km/s

D Pielidojot Marsam, zondei ir jāizmaina savs ātrums par 4 km/s, lai izietu uz areocentrisko (ap Marsu esošo) orbītu. Novērtējiet tam nepieciešamo degvielas masu [2 p].

Zināms, ka kopējā zondes un tās degvielas masa pirms šī manevra ir 1,5 tonnas, bet degvielas izmešanas ātrums no zondes dzinēja ir 3 km/s.

Atbilde:  $m = \dots$  t

No Ciolkovska formulas ātruma izmaiņa

$$\Delta v = v_{\text{degvielas}} \ln \frac{m_0}{m_{\text{beigu}}}$$

no kurienes

$$m_{\text{beigu}} = \frac{m_0}{\exp(\Delta v / v_{\text{degvielas}})} = \frac{1,5}{\exp(4/3)} = \frac{1,5}{3,79} = 0,40 \text{ t}$$

Atbilstoši, degvielas masa ir  $m_0 - m_{\text{beigu}} = 1,5 \text{ t} - 0,4 \text{ t} = 1,1 \text{ t}$

E Pēc Al Amal zondes iziešanas eliptiskā orbītā ap Marsu, tā kustēsies ar ātrumu 1.5 km/s periarejonijā (mazākais attālums līdz Marsa centram), kas atrodas augstumā 20 000 km virs planētas virsmas. Pieņemsim, ka zonde kustēsies ap Marsu tā ekvatora plaknē planētas rotācijas virzienā. Marsa ekvatoriāls rādiuss ir 3400 km.

E1 Nosakiet Marsa ekvatora punktu kustības ātrumu. [0.5 p]

**Atbilde:**  $v_{\text{virsmas}} = \dots$  m/s

Marsa ekvatora punktu rotācijas ātrums ir aptuveni 241 m/s (vai nu sk. Vikipēdiju, vai nu izrēķina kā

$$v_{\text{virsmas}} = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2 \times 3.14 \times 3400 \times 1000}{24.6 \times 3600} = \mathbf{241} \text{ m/s}$$

E2 Nosakiet, cik ātri šajā laikā pa planētas virsmu kustās punkts, skatoties no kura zonde atrodas zenītā. [1 p]

**Atbilde:**  $v = \dots$  m/s

No proporcijas noteiksim ātrumu, kas neievēro planētas rotāciju:

$$v_{zz} = \frac{1.5 \times 3400}{23400} = 218 \text{ m/s}$$

Tātad, zonde lēni atpaliks no Marsa ekvatora kustības un atpalikšanas ātrums būs

$$v = v_{\text{virsmas}} - v_{zz} = 241 - 218 = \mathbf{23} \text{ m/s}$$

#### 4. NEITRONZVAIGZNE

levēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes. Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Neitronu zvaigzne PSR J1748–2446ad rotē, veicot 716 apgriezienus sekundē. Tās masa ir 2 Saules masas un rādiuss 16 km. Pieņemsim, ka zvaigznei ir lodes forma.

**A** Cik liels ir zvaigznes lineārais rotācijas ātrums uz ekvatora? [1 p]

Cik procenti tas ir no gaismas ātruma? [1 p]

**Atbilde:**  $v = \dots$  km/s. Tas ir ... % no gaismas ātruma.

Lineārais ātrums ir

$$v = \frac{l}{t} = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi r f = 2 \times 3.14 \times 16 \times 716 = \mathbf{72000} \text{ km/s}$$

Tas ir  $\frac{72000}{300000} = 0.24 = \mathbf{24}$  % no gaismas ātruma.

**B** Cik liels ir brīvās krišanas paātrinājums uz zvaigznes virsmas? Relativitātes efektus neievērot! [2 p]

**Atbilde:**  $g = \dots$  m/s<sup>2</sup>

Brīvās krišanas paātrinājums

$$g = G \frac{M}{r^2} = 6.67 \times 10^{-11} \times \frac{2 \times 2 \times 10^{30}}{16000^2} = \mathbf{1 \times 10^{12}} \text{ m/s}^2$$

**C** Cik liels ir zvaigznes virsmas punktu otrais kosmiskais ātrums? Relativitātes efektus neievērot! [2 p]

**Atbilde:**  $v_{2k} = \dots$  km/s

$$v_{2k} = \sqrt{2G \frac{M}{r}} = \sqrt{2 \times 6.67 \times 10^{-11} \times \frac{2 \times 2 \times 10^{30}}{16000}} = \mathbf{183000} \text{ km/s}$$

**D** Cik liels ātrums jāsasniedz raķetei, lai, startējot no zvaigznes ekvatora, aizlidotu tālu prom no neitronu zvaigznes? [1 p]

**Atbilde:**  $v = \dots$  km/s

Ir jāsasniedz otrais kosmiskais ātrums, bet var izmantot ekvatora punktu ātrumu, tāpēc ir jāsasniedz "tikai"

$$v_{2k} - v = 183\,000 \text{ km/s} - 72\,000 \text{ km/s} = \mathbf{111\,000} \text{ km/s}$$

**E** Cik liela ir minimālā frekvence, ar kādu jāgriežas zvaigznei, lai uz ekvatora centrālās efekts liktu zvaigznes virsmas vielai aizlidot kosmosā? [2 p] Pieņemt, ka zvaigzne saglabā savu lodveida formu! Relativitātes efektus neievērot!

**Atbilde:**  $f_{\min} = \dots$  Hz

Tas notiks, ja ekvatora punktu ātrums būs vienāds ar otro kosmisko ātrumu, tas ir, ja

$$v_{2k} = 2\pi r f_{\min}$$
$$f_{\min} = \frac{v_{2k}}{2\pi r} = \frac{129000}{2 \times 3.14 \times 16} = \mathbf{1284} \text{ Hz}$$

F Pieņemsim, ka neitronu zvaigzne atrodas dubultsistēmā, un uz to pārplūst viela no otras zvaigznes. Cik liela masa jāsasniedz neitronu zvaigznei, lai tā kļūtu par melno caurumu? [1 p]

**Atbilde:**  $m = \dots$  kg

Tolmana-Openheimera-Volkova robeža lodveida neitronzvaigznei ir ap 2.0 Saules masas (var atrast vērtības arī līdz 2.3 Saules masas). Tiesa gan, ir iespējams, ka to vispirms stabilizēs kvarku spiediens un tā pārvērtīsies par kvarku zvaigzni... zinātnei vēl nav precīzas atbildes uz šo jautājumu.

$$m = 2.0 \times 2 \times 10^{30} = 4.0 \times 10^{30} \text{ kg}$$

jeb

$$m = 2.3 \times 2 \times 10^{30} = 4.6 \times 10^{30} \text{ kg}$$

Visas atbildes starp šīm vērtībām tiek pieņemtas, kā pareizās.

## 5. ĀRKĀRTĪGI LIELAIS TELESKOPS (ELT)

levēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes. Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Sagaidāms ka 2025. gadā Čīlē stāsies ierindā pasaules lielākais optiskais teleskops ELT. Tā galvenā spoguļa diametrs 39,3 m, biezums 50 mm. Teleskopa relatīvais atvērums 1:19.

**A** Cik reižu vairāk gaismas savāc teleskopa spogulis, salīdzinot ar cilvēka aci, kuras zīlītes atvērums 4 mm? [1 p]

**Atbilde:** .... reizes

Tā kā riņķa laukums ir  $S = \pi R^2$ , spogulis ar diametru  $D$  savāc  $(D/d)^2$  reižu vairāk gaismas nekā acs zīlīte ar diametru  $d$ .

$$\left(\frac{D}{d}\right)^2 = \left(\frac{39.3}{0.004}\right)^2 = \mathbf{96530625}$$
 reizes

**B** Cik liels ir teleskopa fokusa attālums? [1 p]

**Atbilde:**  $F = \dots$  m

Teleskopa relatīvais atvērums ir  $D/F = 1:19$ , tātad teleskopa fokusa attālums  $F = 19D = 19 \cdot 39.3 = \mathbf{746.7}$  m

**C** Cik liels būtu teleskopa palielinājums, ja tajā skatītos, izmantojot okulāru ar 10 mm fokusa attālumu? [1 p]

**Atbilde:**  $n = \dots$  reizes

Teleskopa palielinājums reizes  $n = \frac{F}{f} = \frac{746.7}{0.01} = 74670$  reizes, kur  $F$  ir teleskopa fokusa attālums un  $f$  ir okulāra fokusa attālums.

**D** Cik liela ir spoguļa izšķirtspēja loka sekundēs pēc Releja kritērija, ja gaismas viļņa garums ir 500 nm? [2 p]

**Atbilde:**  $R = \dots$  loka sekundes

Izšķirtspēja pēc Releja kritērija

$R = 1.22 \frac{L}{D}$  radiāno, kur  $L$  ir viļņa garums.

$$R = 1.22 \frac{L}{D} = 1.22 \times \frac{500 \times 10^{-9}}{39.3} = 1.552 \times 10^{-8} \text{ rad}$$

Vienā radiānā ir  $180 \times 3600 / \pi$  loka sekundes.  $R = 1,55216 \times 10^{-8} \times 180 \times 3600 / \pi = \mathbf{0,0032}$  loka sekundes.

**E** Iepriekšējā punktā aprēķināta spoguļa teorētiskā izšķirtspēja, kuras sasniegšanu kavē atmosfēras turbulences. Kādu metodi astronomijā izmanto izšķirtspējas paaugstināšanai? [1 p]

- Perspektīvo optiku
- Interaktīvo optiku
- **Adaptīvo optiku**
- Dzidrināto optiku

**F** Cik liels ir galvenā spoguļa tilpums un masa, ja tas izgatavots no Zerodur materiāla, kura blīvums ir  $2530 \text{ kg/m}^3$ ? Uzskatīt, ka spogulim ir apaļa, plakana diska forma. [2 p]

**Atbilde:**  $V = \dots \text{ m}^3$  (noapaļot līdz tūkstošdaļai)

**Atbilde:**  $m = \dots \text{ kg}$  (noapaļot līdz veselam skaitlim)

Diska tilpums

$$V = \pi R^2 h = 3.14 \times 39.3 \times 0.5 \times 0.05 = \mathbf{60.621} \text{ m}^3$$

kur  $R$  ir diska rādiuss un  $h$  ir diska augstums.

$$\text{Masa } m = \rho V, \text{ kur } \rho \text{ ir blīvums. Skaitliski } m = 60,621 \times 2530 = \mathbf{153371} \text{ kg}$$

**G** Attēla iegūšanai teleskopa fokusā izmantos MICADO kameru, kuras sensora izmērs  $18 \times 18 \text{ cm}$ . Cik liels ir kameras redzeslauks (t.i., leņķiskais attālums starp avotiem, kas tiek attēloti pretējās kameras sensora pusēs), izteikts loka sekundēs? [2 p]

**Atbilde:**  $\alpha = \dots$  loka sekundes

Taisnleņķa trijstūrī, kura viena katete ir teleskopa fokusa attālums  $F$ , bet otra – sensora platums  $p$ , leņķis starp kateti  $F$  un hipotenūzu atbilst kameras redzeslaukam  $\alpha$ , un  $\text{tg } \alpha = p/F$ .

$$\text{Leņķis } \alpha = \text{arctg}(p/F). \text{ Skaitliski } \alpha = \text{arctg}(0,18 \text{ m}/746,7 \text{ m}) = 0^\circ,0138 = \mathbf{50''}.$$