



## LATVIJAS 52. ATKLĀTĀ ASTRONOMIJAS OLIMPIĀDE

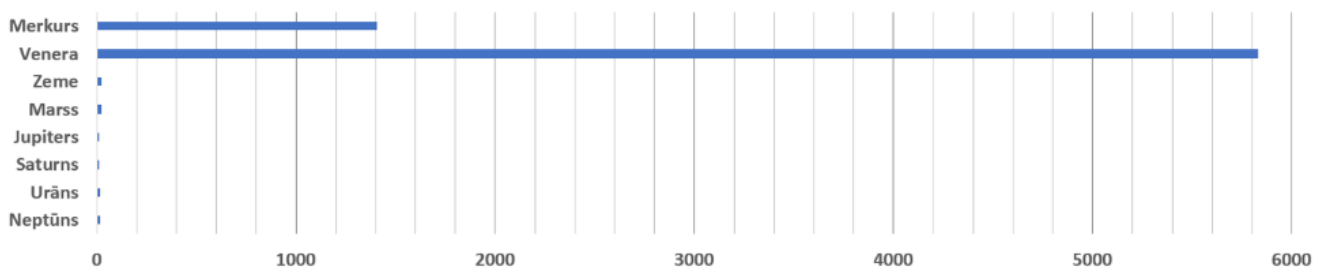
### 1. TESTS

Tālāk doti desmit jautājumi ar atbilžu variantiem. Katram jautājumam ir tikai viena pareiza atbilde.

1. Kur atrodas Latvijā vienīgais apstiprinātais meteorīta krāteris?

- Smiltēnē
- Mazsalacā
- Dobelē
- Neretā

2. Kas ir attēlots diagrammā?



- Atmosfēras blīvums (vidējais)
- Planētas blīvums (vidējais)
- Maksimālā temperatūra uz planētas virsmas
- Dienas ilgums (stundās)

3. Kad novērojama pelnu gaismā?

- Tuvu jaunmēness laikam
- Tuvu pilnmēness laikam
- Mēness aptumsuma laikā
- Saules aptumsuma laikā

4. Ar kuru no šiem nesējiem kosmosā tika nogādāts Habla kosmiskais teleskops?



A



B



C



D

5. Pagājušā gadsimta beigās kāds asteroīds pietuvojās Saulei, šķērsojot Zemes orbītu. Kas bija šis asteroīds?
- amors
  - atēna
  - komēta
  - trojietis
6. Cikos pēc joslas laika 2024. gada 20. martā Latvijā apakšējā kulminācijā atradās Micars?
- Aptuveni 2:00
  - Aptuveni 8:00
  - Aptuveni 14:00
  - Aptuveni 20:00
7. Kurā zvaigznājā atrodas zvaigzne ar rektascensiju  $5^{\text{h}}51^{\text{m}}$  un deklināciju  $12^{\circ}40'$ ?
- Eridānas zvaigznājā
  - Vērša zvaigznājā
  - Oriona zvaigznājā
  - Zaķa zvaigznājā
8. Kā zvaigžņu pasaulē atšķiras vidējais baltais punduris no vidējā dzeltenā pundura, ja neskaita krāsu?
- Baltais punduris ir blīvāks
  - Baltais punduris ir spožāks
  - Dzeltenais punduris ir karstāks
  - Dzeltenais punduris ir mazāks
9. Pēc ziemas brīvlaika skolā Jēkabs lielījās draugiem ar saviem bolīda, Mēness halo, sudrabaino mākoņu un ziemeļblāzmas novērojumiem, kamēr viņš starp Ziemassvētkiem un Jauno gadu viesojās pie radiem Latgalē. Kurš no novērojumiem nevarēja būt paties?
- bolīds
  - Mēness halo
  - sudrabainie mākoņi
  - ziemeļblāzma
10. Sakārto attēlos redzamo dievu pārstāvētās planētas pēc izmēra augošā secībā.



A



B



C



D

- ABCD
- BACD
- BADC
- DBAC

## 2. NOVĒROJUMI AR STELLARIUM

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

Atbildes uz visiem jautājumiem var atrast, izmantojot brīvpieejas planetāriju Stellarium tiešsaistē: <https://stellarium-web.org/>

**A** Atzīmē, kuri apgalvojumi ir patiesi – ko un kur varētu novērot pie skaidrām debesīm šonakt - 9.04.2024 **no plkst. 23:00 līdz pusnaktij**, atrodoties Rīgā?

**A1** Jupiteru debess ZR pusē (0.5 p)

- Jā
- Nē

**A2** Vegu debess ZA pusē (0.5 p)

- Jā
- Nē

**A3** Betelgeizi debess A pusē (0.5 p)

- Jā
- Nē

**A4** Ķirzakas zvaigznāju debess Z pusē (0.5 p)

- Jā
- Nē

**B** Vakar 8.04.2024 bija novērojams pilns Saules aptumsums.

Tas bija novērojams noteiktās vietās Kanādā, Amerikā un Meksikā.

**B1** Kādā zvaigznājā atradās Saule pilna aptumsuma laikā? (1 p)

- Pegaza zvaigznājā
- Dvīņu zvaigznājā
- Auna zvaigznājā
- Zivju zvaigznājā
- Valzivs zvaigznājā

**B2** Kādā zvaigznājā atradās Mēness pilna aptumsuma laikā? (0.5 p)

- Pegaza zvaigznājā
- Dvīņu zvaigznājā
- Auna zvaigznājā
- Zivju zvaigznājā
- Valzivs zvaigznājā

**B3** Kādā bija Mēness fāze pilna Saules aptumsuma laikā? (0.5 p)

- Jaunmēness
- Pirmais ceturksnis
- Pilnmēness
- Pēdējais ceturksnis

C Lelde skatās uz Veneru 2024. gada 25. decembrī plkst. 18.00 pēc joslas laika Rīgā. Viņa novēro vai ar Stellarium palīdzību nosaka ...

C1 ... ka, spriežot pēc Veneras fāzes, Venera ir ... (1 p)

- augoša
- dilstoša
- gandrīz pilnībā apgaismota
- gandrīz pilnībā neapgaismota

C2 Cik tālu (km) Venera atrodas šajā brīdī no Rīgas? (1 p)

C3 Kā mainās Veneras attālums līdz Rīgai ap plkst 18.00, laikam ritot? (1 p)

- Veneras attālums nemainās
- Venera tuvojas Rīgai
- Venera attālinās no Rīgas

C4 Kurā debess pusē ir novērojama Venera? (0.5 p)

- A
- DA
- D
- DR
- R
- ZR
- Z
- ZA

C5 Cik liels ir Veneras leņķiskais augstums (grādos)? (1 p)

(atbilde tiek ieskaitīta ar  $\pm 1^\circ$  precizitāti)

C6 Gustiņš atrodas Austrālijā Kanberā un vienlaicīgi ar Leldi veic Veneras novērojumus.

Norādi, kuri no lielumiem Kanberā **neatskiras** no Rīgā novērotajiem lielumiem! (1.5 p)

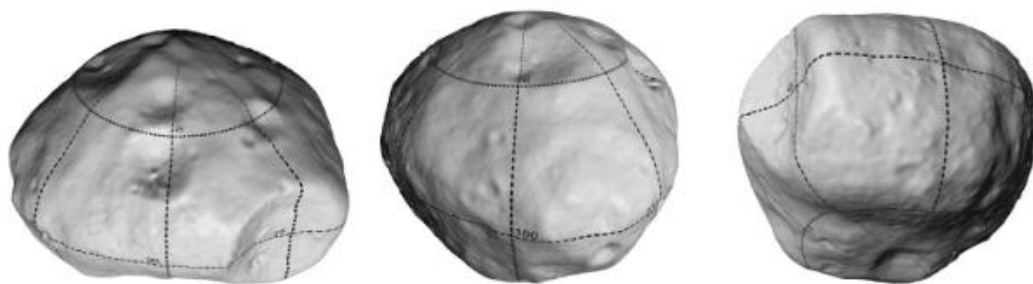
- Veneras redzamās virsmas apgaismotās daļas lielums
- Attālums no Veneras līdz novērojumu vietai
- Veneras attālums līdz Kanberai mainās tāpat kā Veneras attālums līdz Rīgai
- Debess puse, kurā novērojama Venera
- Veneras leņķiskais augstums

### 3. SAULES APTUMSUMS UZ MARSA

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

2022. gadā Marsa zonde *Perseverance* novēroja Saules aptumsumu, ko radīja Marsa pavadoņi Foboss.

Fobosa orbītai ir maza ekscentricitāte, uzskatīsim, ka tas pārvietojas pa riņķveida orbītu ar rādiusu **9376 km** un veic vienu apriņķojumu **0,319 Zemes diennaktīs**. Foboss riņķo ap Marsu tādā pašā virzienā, kā griežas planēta. Fobosam ir mazs orbītas slīpums, pieņemsim, ka tas pārvietojas Marsa ekvatora plaknē. Fobosam ir aptuveni trīsasu elipsoīda forma, asu garums ir **25,9 km**, **22,6 km** un **18,3 km**. Foboss vienmēr pavērsts ar garāko asi pret Marsu.



Attēls: Foboss no dažādiem skatu punktiem (NASA)

Marsa ekvatoriālais rādiuss ir **3396 km**, rotācijas periods **1,026 Zemes diennaktis**. Leņķis starp Marsa ekvatora plakni un orbītas plakni **25°**.

Pieņemsim, ka zonde atrodas uz Marsa ekvatora un turpina novērot Fobosa radītos Saules aptumsumus. Marsa attālums no Saules novērojumu laikā ir **228 miljoni km**, Saules rādiuss **696 tūkstoši km**.

**A** Cik liels ir Saules leņķiskais diametrs (loka minūtēs), raugoties no zondes? Rezultātu noapaļot līdz pilnām loka minūtēm. **Turpmāk aprēķinos izmantot šo vērtību.** (1 p)

**B** Cik liels ir lielākais Fobosa leņķiskais izmērs  $\beta$  (loka minūtēs), raugoties no zondes, ja Foboss atrodas zenītā? Rezultātu noapaļot līdz pilnām loka minūtēm. **Turpmāk aprēķinos izmantot šo vērtību.** (1 p)

**C** Vai Foboss spēj radīt pilnu Saules aptumsumu? (1 p)

- Jā
- Nē

**D** Aprēķināt Marsa leņķisko rotācijas ātrumu. Rezultātu izteikt loka minūtēs sekundē un noapaļot līdz simtdaļai. (1 p)

**E** Aprēķināt Fobosa leņķisko orbitālo ātrumu. Rezultātu izteikt loka minūtēs sekundē un noapaļot līdz simtdaļai. (1 p)

**F** Ar cik lielu leņķisko ātrumu, raugoties no zondes, Foboss pārvietojas zenīta tuvumā? Rezultātu izteikt loka minūtēs sekundē un noapaļot līdz simtdaļai. (1 p)

**G** Pieņemsim, ka Fobosa redzamais leņķiskais ātrums zenīta tuvumā ir **0,9 '/s** (šī vērtība nesakrīt ar iepriekšējā punktā iegūto). Cik ilgs, raugoties no zondes atrašanās vietas, var būt ilgākais Fobosa radītais aptumsums, tam šķērsojot zenītu?

Marsa orbitālo kustību neņemt vērā. Rezultātu noapaļot līdz pilnai sekundei. (2 p)

**H** Kurā debess pusē uz Marsa ekvatora uzlec Foboss? (1 p)

- Austrumos
- Rietumos
- Ziemeļos
- Dienvidos

**I** Vai Fobosa radītie aptumsumi no zondes novērojami visu Marsa gadu? (1 p)

- Jā
- Tikai tad, kad Marss ir perihēlijā
- Tikai tuvu Marsa ekvinokcijām
- Tikai tuvu Marsa saulgriežiem

## 4. PLANĒTU SISTĒMA PIE SAULEI LĪDZĪGAS ZVAIGZNES

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

2023. gada novembrī zinātnieki paziņoja par planētu sistēmas atklāšanu pie Saulei līdzīgās zvaigznes TOI-2141, kas atrodas **253.5 gaismas gadu** attālumā no Saules.

Zvaigznes redzamais spožums, izteikts zvaigžņlielumos, ir  $m_v = 9.46^m$ , un tās fotosfēras temperatūra ir **5660 K**. Planētu, kas tika atklāta ar tranzīta metodi (t.i., tika novērota planētas pāriešana pa TOI-2141 zvaigznes disku), saskaņā ar esošo kārtību nosauca par TOI-2141b. Šīs planētas orbitāls periods ir **18.26 dienas**, orbītas lielā pusass ir **0.133 au**, izmērs **trīs reizes** pārsniedz Zemes izmēru, bet **masa 24 reizes** pārsniedz Zemes masu.

Šāda tipa planētas, kas Saules sistēmā nav sastopamas, sauc par mini-Neptūniem. Pēc zinātnieku vērtējuma, jaunatklātajai planētai nav atmosfēras, un tās virsmas līdzsvara temperatūra sasniedz **450° C**.

**A** Cik liela ir TOI-2141 zvaigznes masa, izteikta Saules masās? (1 p)

Tālākiem aprēķiniem pieņemiet, ka TOI-2141 zvaigznes masa ir  $0.94M_{\text{sun}}$  (vērtība var nesakrist ar iepriekš aprēķināto)

**B** Cik liela ir TOI-2141 zvaigznes starjauka, izteikta Saules starjaukas vienībās. kas izriet no aptuvenās sakarības starp masu un starjauku Hercšprunga-Rasela diagrammas galvenajai secībai:  $M \sim L^{3.5}$ ? (1 p)

**C** Cik liela ir TOI-2141 zvaigznes starjauka, izteikta Saules starjaukas vienībās. kas izriet no novērotās planētas virsmas līdzsvara temperatūras. Izmantojiet faktu, ka Zemes līdzsvara temperatūra, ja tai nebūtu atmosfēras, būtu **-15 °C**? (1 p)

**D** Cik liela ir TOI-2141 zvaigznes starjauka, izteikta Saules starjaukas vienībās. kas izriet no novērotā spožuma? Salīdzinājumam izmantojiet Saules absolūto spožumu  $M_{\text{sun}} = 4.83^m$ . Starpzvaigžņu absorbciju neievērot. (1 p)

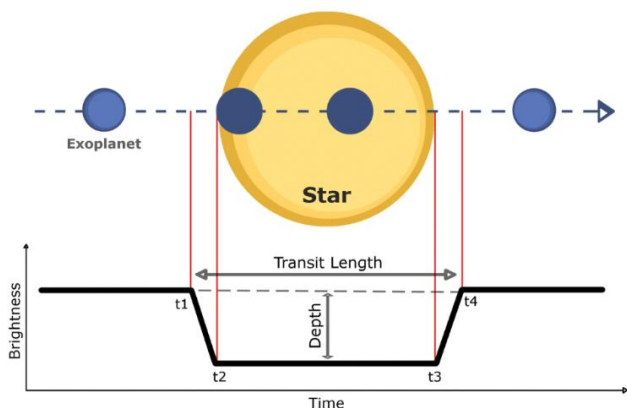
Tālākiem aprēķiniem pieņemiet, ka TOI-2141 zvaigznes starjauka ir vienāda ar  $0.95 L_{\text{sun}}$  (vērtība var nesakrist ar iepriekš aprēķināto iegūto). Saules fotosfēras temperatūra ir vienāda ar **5777 K**. Ar šiem pieņēmumiem nosakiet:

**E** Cik liels ir TOI-2141 zvaigznes rādiuss, izteikts Saules rādiusus? (1 p)

**F** Cik liels ir TOI-2141 zvaigznes sagaidāmais dzīves ilgums (miljardos gadu), pieņemot, ka tai ir Saulei līdzīga iekšējā struktūra, un ka Saules dzīves ilgums ir **10 miljardi gadu**? (1 p)

**G** Cik liels ir TOI-2141b planētas orbitālais kustības ātrums (km/s), pieņemot, ka tās orbīta ir riņķveida? (1 p)

**H** Cik liels ir TOI-2141b planētas vidējais blīvums? (1 p)



Attēla avots: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12145-020-00464-7/figures/2>

Pieņemiet, ka TOI-2141 izmērs ir vienāds ar Saules izmēru, ka TOI-2141b orbitālās kustības ātrums ir **80 km/s** (vērtība var atšķirties no iepriekš aprēķinos iegūtās vērtības) un ka Zeme atrodas TOI-2141b planētas orbitālā plaknē.

Neievērojot planētas izmēru salīdzinājumā ar zvaigznes izmēru, nosakiet

I Cik liels ir TOI-2141 zvaigznes tranzīta ilgums (stundās)? (1 p)

J Cik liela ir TOI-2141 zvaigznes virsmas daļa, kuru aizklāj planēta tranzīta laikā? Ierakstiet atbildē vismaz piecus ciparus aiz komata. (1 p)

## 5. NOVA

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

Klasiskās novas veidojas ciešās zvaigžņu dubultsistēmās ar masas pārnesei no parastās zvaigznes (donora) uz balto punduri, kas sastāv no oglekļa un skābekļa. Donora ārējā ūdeņraža atmosfēra daļēji aizplūst uz balto punduri, veidojot plāno ūdeņraža slāni uz tā virsmas. Kad ūdeņradis sakrājas pietiekami daudz, tajā sāk notikt kodolreakcijas, kuru rezultātā baltais punduris daudzkārt palielina savu spožumu - notiek novas uzliesmojums. Novas, kurās tika novēroti vairāki uzliesmojumi, sauc par atkārtotām novām.

Apskatīsim Čūskeša RS (RS Oph) atkārtotās novas sistēmu, kas atrodas **1.5 kpc** attālumā. Donora zvaigzne tajā ir sarkanais milzis, kura redzamais spožums ir **12<sup>m</sup>**. Novas sprādzieni atkārtojas ik pēc 10-20 gadiem (uzdevumā pieņemsim **15 gadu** laika intervālu) un novas sprādziena maksimumā tiek sasniegta **5<sup>m</sup>** redzamais spožums. Pieņemsim, ka novas sprādziens turpinās **10 dienas**, kuru laikā spožums paliek nemainīgs un kura rezultātā viss uz baltā pundura sakrātais ūdeņradis pilnībā pārvēršas hēlijā.

Uzdevuma ietvaros neievērosim elektronu masu, salīdzinot ar protonu masu. Neievērosim arī, ka no donora zvaigznes akrēcijas viela (viela, kas pakāpeniski pāriet no donora uz balto punduri) satur ne tikai ūdeņraža atomus un jonus.

**A** Nosakiet baltā pundura absolūto spožumu novas sprādziena intensitātes maksimumā (zvaigžņlielumos)! Precizitāte atbildei +/- 0.1<sup>m</sup> (1 p)

**B** Cik liela ir baltā pundura starjauka novas sprādziena intensitātes maksimumā, salīdzinot ar Saules starjauku? (1 p)

**C** Cik daudz enerģijas izdalās, kad **kilograms** protonu pārvēršas hēlija atomos ("deg")? (1 p)

**D** Nosakiet ūdeņraža atomu "degšanas" ātrumu novas sprādziena laikā (kg/s). (1 p)

**E** Nosakiet kopējo ūdeņraža masu (kg), kas tika sakopots uz baltā pundura virsmas starp novu uzliesmojumiem. (1 p)

**F** Nosakiet vidējo akrēcijas tempu starp novas uzliesmojumiem (kg/s). Akrēcijas temps ir masas ieplūdes ātrums no donora zvaigznes uz kompakto objektu (dotā gadījumā balto punduri). (1 p)

Vielā nekrīt uzreiz uz baltā pundura virsmas. Vispirms tā sāk riņķot ap to, lēni tuvojoties tai virsmai pa spirālveida, gandrīz riņķveida orbītu.

Tālākos punktos pieņemiet, ka baltā pundura vielas blīvums ir konstants (nav atkarīgs no vielas attāluma no centra), tā masa ir  $1 M_{\text{Sun}}$  un rādiuss ir  $5000 \text{ km}$ .

**G** Cik liels ir vielas orbitālās kustības ātrums (km/s) pirms krišanas uz baltā pundura virsmas? (1 p)

Tālākajos punktos neievērosim baltā pundura rotāciju.

**H** Cik liela starжда (W) veidojas, kad ap balto punduri rotējošā viela krīt uz tā virsmas? (1 p)

**I** Pieņemot, ka visa baltā pundura virsma atrodas siltuma līdzsvarā (t.i. temperatūra uz visas pundura virsmas ir vienāda), ir siltumizolēta no iekšpuses un staro kā melnais ķermenis, novērtējiet šī baltā pundura temperatūru (K). (1 p)

**J** Cik liels ir šī baltā pundura leņķiskais paātrinājums ( $\text{rad/s}^2$ )? Pieņemiet, ka tā inerces moments ir  $I = 0.4MR^2$ , kur  $M$  un  $R$  ir baltā pundura masa un rādiuss. (1 p)