



LATVIJAS 52. ATKLĀTĀ ASTRONOMIJAS OLIMPIĀDE

1. TESTS

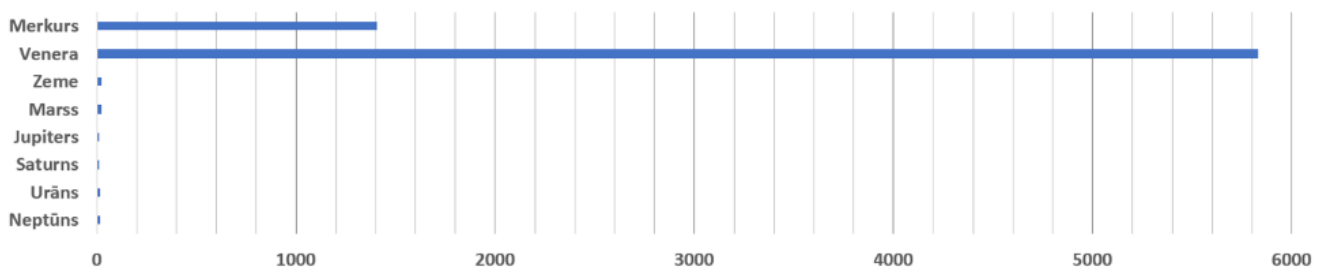
Tālāk doti desmit jautājumi ar atbilžu variantiem. Katram jautājumam ir tikai viena pareiza atbilde.

1. Kur atrodas Latvijā vienīgais apstiprinātais meteorīta krāteris?

- Smiltenē
- Mazsalacā
- **Dobelē**
- Neretā

Meteorīta krāteris atrodas **Dobelē**, zem lielākās daļas no pilsētas. Tas tika atklāts ģeoloģisko pētījumu rezultātā. Smiltenē ir apskates objekts ar šādu nosaukumu, taču tam nav saistības ar īstu meteorīta krāteri. Mazsalacā pirms vairākiem gadiem notika Tele2 reklāmas pasākums, kuram tika izrakts viltus meteorīta krāteris. Neretā ir nokritis meteorīts, taču nav zināms, ka tas būtu izveidojis krāteri.

2. Kas ir attēlots diagrammā?



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

3. Kad novērojama pelnu gaisma?

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

Pelnu gaisma ir Mēness spīdēšana, kuru izraisa Zemes atstarotā gaisma no Saules. Zeme pret Mēnesi atstaro maksimāli daudz gaismas, savukārt Mēness pats neatstaro gandrīz neko. Tas notiek tad, kad no Mēness skatoties, Zemei ir pilna fāze, savukārt Mēness ir **tuvu tukšai fāzei jeb jaunmēnessim**. Mēness aptumsuma laikā Zeme ir pavērsta pret Mēnesi ar tumšo pusi, tāpēc neatstaro neko. Saules aptumsuma laikā Saules vainags ir pārāk spilgts, lai būtu iespējams redzēt jebko no Zemes atstarotās gaismas.

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



A



B



C



D

A – Ariane 5

B – Atlas V

C – Delta IV Heavy

D – Space Shuttle.

Habla kosmisko teleskopu 1990.gadā kosmosā nogādāja ar **Space Shuttle**.

Nesajauciet ar James Webb teleskopu, kuru 2021.gadā nogādāja kosmosā ar Ariane 5.

5. Pagājušā gadsimta beigās kāds asteroīds pietuvojās Saulei, šķērsojot Zemes orbītu. Kas bija šis asteroīds?

- amors
- atēna
- komēta
- trojietis

Amori ir asteroīdi, kuru orbītas pilnībā atrodas Zemes orbītas iekšpusē.

Atēnas ir asteroīdi, kuru orbītas šķērso Zemes orbītu un orbītas lielā pusass lielāka nekā Zemes, līdz ar to tie lielāko daļu laika pavada tālāk no Saules nekā Zeme.

Komēta nav asteroīds pēc definīcijas.

Trojietis ir asteroīds, kas riņķo pa to pašu orbītu kā planēta vai pavadonis, atrodies orbītā pirms šiem lielākajiem debess ķermeņiem.

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

Kulminācija ir tad, kad, skatoties pēc azimutālajām koordinātām, tās iedomātajā kustībā zvaigzne atrodas uz Debess meridiāna.

Augšējā kulminācija ir tad, kad tā atrodas tieši dienvidos, apakšējā – tieši ziemeļos.

Micars ir vidējā zvaigzne Lielā lāča 'astē', Latvijā tā ir virs horizonta abās savās kulminācijās.

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

Piemēram, zvaigzne Vērša 134

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

Apskatiet HR diagrammu, lai atmestu pēdējos trīs variantus.

Baltais punduris ir zvaigzne savas dzīves beigu posmā, tā ir nometusi augšējos atmosfēras slāņus, atstājot tikai kodolu, kurā vēl turpinās kodolreakcijas.

Dzeltenais punduris ir neliela zvaigzne pusmūžā, tāda, kā, piemēram, Saule, kurai vēl ir lielākā daļa tās atmosfēras.

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

Bolīds ir spožs meteors, tādi ik pa laikam novērojami visā pasaulē, neatkarīgi no gadalaika.

Arī Mēness halo var būt novērojams jebkur un jebkurā gadalaikā – to rada kristāli, kas veidojušies augšējos Zemes atmosfēras slāņos.

Ziemeļblāzmu izraisa Saules aktivitāte un tā būtu novērojama jebkur Ziemeļu puslodē (Dienvidu puslodē būtu dienvidblāzma, abas kopā sauc par polārblāzmām). To vieglāk novērot tad, kad naktis ir tumšas, īpaši ziemā. Kaut arī ziemeļblāzmas visbiežāk novēro no reģioniem, kas atrodas tuvu ziemeļpolam, tās var redzēt arī Latgalē un pat Itālijā (iespējams pat vēl tālāk no poliem).

Sudrabainos mākoņus Latgalē var novērot, taču ne ziemā – tie ir novērojami vasaras sezonā.

10. Sakārto attēlos redzamo dievu pārstāvētās planētas pēc izmēra augošā secībā.



A



B



C



D

- ABCD
- BACD
- **BADC**
- DBAC

A ir kara dievs Arejs/Marss, kura rīki ir zobens un vairogs,
B ir dievu ziņnesis un medicīnas aizstāvis Hermejs/Merkurs,
C ir dievu vadonis un zibens un pērkonu pavēlnieks Zevs/Jupiters,
D ir jūras un ūdeņu dievs Poseidons/Neptūns

Atbilstošā secība: **BADC**

Merkurs - Marss - Neptūns - Jupiters

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**

*Jupiteru varēs redzēt debess ZR pusē, bet tikai līdz 23:14 nevis līdz pusnaktij, tāpēc atbilde ir **Nē**.*

A2 Vegu debess ZA pusē (0.5 p)

- **Jā**
- Nē

*Vegu varēs redzēt visu nakti debess ZA pusē. Tāpēc atbilde ir **Jā**.*

A3 Betelgeizi debess A pusē (0.5 p)

- Jā
- **Nē**

*Betelgeizi varēs redzēt debess R pusē. Tāpēc atbilde ir **Nē**.*

A4 Ķirzakas zvaigznāju debess Z pusē (0.5 p)

- **Jā**
- Nē

*Ķirzakas zvaigznāju Latvijā var redzēt visu nakti. No 23:00 līdz pusnaktij, tas redzams debess Z pusē. Tāpēc atbilde ir **Jā**.*

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

Saule atradīsies Zivju zvaigznājā.

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

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

Mēness arī atradīsies Zivju zvaigznājā.

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

- **Jaunmēness**
- Pirmais ceturksnis
- Pilnmēness
- Pēdējais ceturksnis

Saules aptumsums iespējams tikai jaunmēness fāzē.

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

25.12.2024. Veneras fāze ir 58%. Lai saprastu vai apgaismotā daļa palielinās vai samazinās, tad var pamainīt datumu, piemēram 31.12.2024 Veneras fāze ir 56%, t.i. Venera dilst.

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

No Stellarium var nolasīt, ka Venera šajā brīdī atrodas 0.80 AU attālumā no Rīgas.

Izmantojot no Astronomijas formulu lapas, ka

1 AU = 1.496×10^{11} m, iegūstam, ka

$0.80 \times 1.496 \times 10^{11} = 1.1968 \times 10^{11}$ m = 1.20×10^8 km

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

Venera tuvojās Zemei (no Rīgas). 25.12.2024 plkst. 18.00 Venera atrodas 0.80 AU attālumā no Zemes, pēc 24 h, Veneras attālums līdz Zemei ir 0.79 AU, tas ir samazinājies, tātad Venera tuvojas Zemei (Rīgai).

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

Veneras leņķiskais augstums ir aptuveni 11° (to var noskaidrot, izvēloties Veneras objekta aprakstu attiecīgajā laika brīdī).

C6 Gustiņš atrodas Austrālijā Kanberā un vienlaicīgi ar Leldi veic Veneras novērojumus. Norādi, kuri no lielumiem Kanberā **neatšķiras** 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

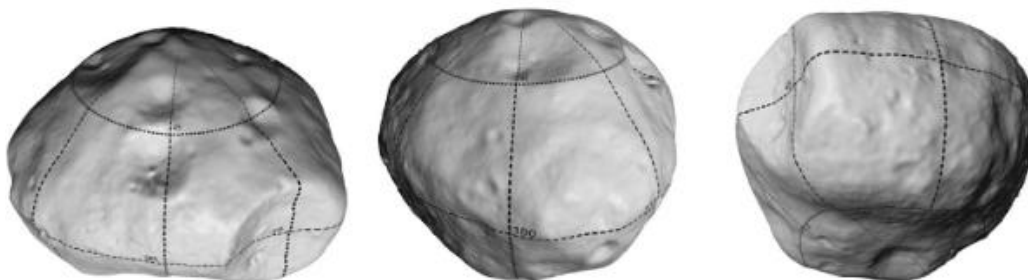
Venera Kanberā būs novērojama DA pusē un tās leņķiskais augstums ir $5''$. Veicot novērojumus ar Stellarium, jāņem vērā, ka Rīgas un Kanberas laika atšķirība ir +7 h.

3. SAULES APTUMSUMS UZ MARSA

Ievēro 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 trīssasu 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 diennaktīs**. 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)

Saules leņķisko rādiusu α aprēķina no taisnleņķa trijstūra,

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{R_{\text{Saule}}}{s_{M-S}} = \frac{0.696}{228}$$

$$\alpha = 10.5'$$

Saules leņķiskais diametrs **21'**.

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

Foboss elipsoīda garākā ass vienmēr pavērsta pret Marsu, tāpēc lielākā redzamā izmēra aprēķināšanai jāņem ass, kuras garums 22,6 km.

Fobosa attālums no Marsa virsmas $9376 - 3396 \text{ km} = 5980 \text{ km}$.

Fobosa lielāko redzamo leņķisko izmēru b aprēķina no taisnleņķa trijstūra,

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{22,6\text{km}}{5980\text{km}}$$

Fobosa lielākais leņķiskais izmērs ir **13'**.

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

- Jā
- **Nē**

Nē, jo Fobosa lielākais redzamais leņķiskais izmērs ir mazāks par Saules leņķisko diametru.

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

Marsa leņķiskais rotācijas ātrums loka minūtēs sekundē:

$$\omega_M = 360^\circ \times \frac{60}{1.026 \times 24 \times 3600} = 0.24366 \text{ '}/s$$

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

Fobosa leņķiskais orbitālais ātrums loka minūtēs sekundē:

$$\omega_F = 360^\circ \times \frac{60}{0.319 \times 24 \times 3600} = 0.78367 \text{ '}/s$$

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

Attiecībā pret novērotāju Marsa centrā, Fobosa relatīvais leņķiskais ātrums ir $0,78367 \text{ '}/s - 0,24366 \text{ '}/s = 0,54 \text{ '}/s$. Raugoties no Marsa ekvatora, Fobosa redzamais leņķiskais ātrums ir apgriezti proporcionāls attālumam līdz Fobosam.

Zenītā tas ir $0,54 \text{ '}/s \times 9376 \text{ km} / (9376 \text{ km} - 3396 \text{ km}) = 0,85 \text{ '}/s$.

G Pieņemsim, ka Fobosa redzamais leņķiskais ātrums zenīta tuvumā ir $0,9 \text{ '}/s$ (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 neņem vērā. Rezultātu noapaļot līdz pilnai sekundei. (2 p)

Ilgākais Fobosa radītais aptumsums ir tad, kad Fobosa diska centrs šķērso Saules diska centru un pavadoņa garākā redzamā ass ir vērsta Fobosa kustības virzienā.

Lai noteiktu šāda aptumsuma ilgumu, jāsummē Fobosa lielākais redzamais leņķiskais izmērs zenītā un Saules leņķiskais diametrs, $13' + 21' = 34'$.

Aprēķina relatīvo Fobosa un Saules kustības leņķisko ātrumu, jo skatoties no zondes, tie abi kustas. Saules kustības leņķiskais ātrums ir 360 grādi $1,026$ Zemes diennaktīs, t.i., $0,24366 \text{ '}/s$ (tāds pats, kā C punkta atbildē), Fobosa kustības redzamais leņķiskais ātrums ir $0,9 \text{ '}/s$ (no dotā).

Raugoties no ekvatora, objekti kustas pretējos virzienos, tāpēc to relatīvais kustības ātrums ir šo ātrumu summa, t.i. $1,14366 \text{ '}/s$.

Aptumsuma ilgumu nosaka, leņķisko izmēru summu dalot ar leņķisko ātrumu summu. $34'/1,14366 \text{ '}/s \approx 30 \text{ s}$.

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

- Austrumos
- Rietumos
- Ziemeļos
- Dienvidos

Tā kā Fobosa leņķiskais orbitālais ātrums ir lielāks par Marsa leņķisko rotācijas ātrumu, Foboss Marsa debesīs uzlec rietumos un pārvietojas no rietumiem uz austrumiem.

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

Tikai tuvu Marsa ekvinokcijām. Tā kā Marsa ekvatora plakne ir slīpa attiecībā pret Marsa orbītas plakni (25°), Fobosa aptumsumi uz Marsa ekvatora redzami tikai ap Marsa pavasara un rudens ekvinokciju.

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)

A No vispārinātā 3. Keplera likuma

$$M \frac{T^2}{a^3} = \text{const}$$

iegūsim

$$M = \frac{a^3}{T^2} = \frac{0.133^3}{\left(\frac{18.26}{365.24}\right)^2} = 0.941 M_{\text{Sun}}$$

Tālākiem aprēķiniem pieņemiet, ka TOI-2141 zvaigznes masa ir **0.94M_{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 ~ L^{3.5}**? (1 p)

$$L = M^{0.286} = 0.983 L_{\text{Sun}}$$

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)

$$L = \left(\frac{T}{T_0}\right)^4 a^2 = \left(\frac{723}{258}\right)^4 \cdot 0.133^2 = 1.091 L_{\text{Sun}}$$

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

Izmantojot Pogsona formulu, noteiksim meklējamo starjauku.

Zvaigznes absolūtais spožums ir

$$M = m + 5 - 5 \lg d[\text{pc}] = 5.01^m$$

$$L = 10^{(0.4 \cdot (M_{\text{Sun}} - (m + 5 - 5 \lg d[\text{pc}])))} = 10^{0.4 \cdot (4.83 - 5.01)} = 0.873 L_{\text{Sun}}$$

Tālākiem aprēķiniem pieņemiet, ka TOI-2141 zvaigznes starjauka ir vienāda ar **0.95 L_{Sun}** (vērtība var nesakrist ar iepriekš aprēķināto). 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)

No Stefana-Bolcmana likuma iegūst, ka

$$L \sim R^2 \times T^4, \text{ līdz ar to } R \sim T^2 / \sqrt{L} \text{ vai}$$

$$R = \frac{\left(\frac{5660}{5777}\right)^2}{\sqrt{0.95}} = 0.985 R_{\text{Sun}}$$

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)

Dzīves ilgums t ir proporcionāls masai un apgriezti proporcionāls starjaudai, līdz ar to vienāds ar $t = 10^{10} \text{ g} \times 0.94 / 0.95 = 9.9$ miljardi gadu.

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

Orbitālā perioda T laikā planēta veic ceļu $2\pi a$, līdz ar to tās kustības ātrums ir

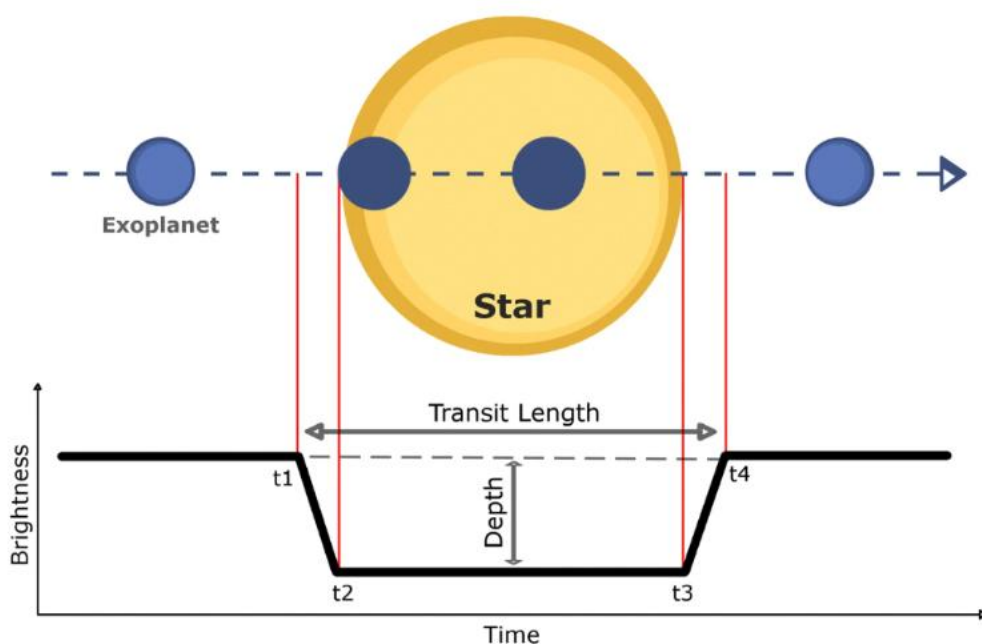
$$v = \frac{2\pi a}{T} = \frac{2\pi \cdot 0.133 \cdot 1.496 \cdot 10^{11}}{18.26 \cdot 86400} = 79.24 \text{ km/s}$$

Var izrēķināt arī no 1. kosmiskā ātruma, t.i. $v = \sqrt{\frac{GM}{a}}$

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

Planētas masa ir $M = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho$, līdz ar to vidējais blīvums ir

$$\rho = \frac{3M}{4\pi R^3} = \frac{24}{27} \cdot 5.51 = 4.90 \text{ g/cm}^3$$



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)

$$t_T = \frac{2R_{Sun}}{v} = \frac{2 \cdot 696 \text{ km}}{80 \text{ km/s}} = 4,83 \text{ h}$$

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

Aizklātā virsmas daļa ir

$$\left(\frac{r_{pl}}{r_{zv}}\right)^2 = \left(\frac{R_Z}{R_S}\right)^2 = \left(\frac{3 \cdot 6.378}{696}\right)^2 = 0.000756$$

5. NOVA

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

Klasiskās novas veidojas ciešās zvaigžņu dubultsistēmās ar masas pārnesi 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^m**. Novas sprādzieni atkārtojas ik pēc 10-20 gadiem (uzdevumā pieņemsim **15 gadu** laika intervālu) un novas sprādziena maksimumā tiek sasniegta **5^m** 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^m (1 p)

Absolūtais spožums $M = m + 5 - 5 \lg r$

Ievietojot vērtības: $M = 5 + 5 - 5 \times \lg 1500 = -5,88^m$

B Cik liela ir baltā pundura starjaua novas sprādziena intensitātes maksimumā, salīdzinot ar Saules starjaudu? (1 p)

Salīdzinot ar Sauli,

$$\frac{L_{nova}}{L_S} = 10^{0,4 \cdot (M_S - M_{nova})}$$

Ievietojot vērtības:

$$L_{nova} = 10^{0,4 \cdot (4,83 + 5,88)} = 19230 L_S$$

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

Enerģija būs $E = \epsilon \times \frac{N}{4}$, kur $\epsilon = 26,73$ MeV ir vienā hēlija kodola veidošanas reakcijā izdalītā enerģija,

Ūdeņraža kodolu skaits $N = \frac{m}{m_u}$, kur m ir vielas masa un m_u ir ūdeņraža kodola/atoma masa.

Ievietojot vērtības:

$$\frac{E}{m} = \frac{4,28 \times 10^{-12} \times 1}{1,66 \times 10^{-27} \times 0,25} = 6,44 \times 10^{14} \text{ J/kg}$$

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

$$m^{\dot{}} = \frac{L_{nova}}{E/m} = \frac{7,396 \times 10^{30}}{6,44 \times 10^{16}} = 1,148 \times 10^{16} \text{ kg/s}$$

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

Uzliesmojumā, kas turpinās $t = 10$ dienas, laikā sadeg viss sakrātais ūdeņradis, tātad ūdeņraža masa M ir

$$M_{\text{sd}} = m^{\dot{}} \times t = 1,148 \times 10^{16} \times 10 \times 86400 = 9,98 \times 10^{21} \text{ kg}$$

F Nosakiet vidējo akrēcijas tempu starp novas uzliesmojumiem (kg/s). (1 p)

Akrēcijas temps ir masas ieplūdes ātrums no donora zvaigznes uz kompakto objektu (dotā gadījumā balto punduri)

$$m_A^{\dot{}} = \frac{M}{T} = \frac{1,0 \cdot 10^{22}}{15 \cdot 365,25 \cdot 86400} = \frac{1,0 \cdot 10^{22}}{4,73 \cdot 10^8} = 2,11 \cdot 10^{13} \text{ kg/s}$$

kur T - laika intervāls starp uzliesmojumiem.

Vielā nekrīt uzreiz uz baltā pundura virsmas. Vispirms tā sāk riņķot ap to, lēni tuvojoties tā 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_{Sun}** un rādiuss ir **5000 km**.

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

Tā kā orbīta ir gandrīz riņķveida, tad viela kustās ar pirmo kosmisko ātrumu

$$v_{1k} = \sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 1,0 \cdot 2 \cdot 10^{30}}{5 \cdot 10^6}} = 5165 \text{ km/s}$$

Tālākajos punktos neievērosim baltā pundura rotāciju.

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

Enerģija izdalās tāpēc, ka vielas kinētiskā enerģija pāriet siltumā. Starjauca

$$L_A = m_A^{\dot{}} \cdot \frac{v^2}{2} = 2,11 \cdot 10^{13} \cdot (5,165 \cdot 10^3)^2 / 2 = 2,81 \cdot 10^{26} \text{ W}$$

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)

Akrēcijas rezultātā izdalītā enerģija aiziet starojumā. Pēc Stefana-Bolcmaņa likuma siltuma zudumi no visas virsmas būs

$$L = \sigma T^4 S \text{ līdz ar to } T = \left(\frac{L}{\sigma S}\right)^{0.25}, \text{ kur } S = 4\pi R^2 \text{ ir baltā pundura virsmas laukums.}$$

$$S = 4\pi \cdot (5 \cdot 10^6)^2 = 3.14 \cdot 10^{14} \text{ m}^2$$

$$T = 63000 \text{ K}$$

J Cik liels ir šī baltā pundura leņķiskais paātrinājums (rad/s²)? Pieņemiet, ka tā inerces moments ir $I = 0.4MR^2$, kur M un R ir baltā pundura masa un rādiuss. (1 p)

Paātrinājums rodas, jo krītošā viela pārnes leņķisko momentu uz balto punduri.

Leņķiskais paātrinājums $\alpha = \frac{\tau}{I}$, kur spēka moments $\tau = RF$ un spēks rodas no vielas bremsēšanas akrēcijas procesā:

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = m_A^{\text{dot}} \times v_{1k}$$

Savelkot kopā

$$\alpha = \frac{\tau}{I} = \frac{RF}{I} = \frac{m_A^{\text{dot}} \times v_{k1} \times R}{0.4MR^2} = \frac{m_A^{\text{dot}} \times v_{k1}}{0.4MR}$$

Skaitliski:

$$F = 1.09 \times 10^{20} \text{ N}$$

$$\tau = 5.44 \times 10^{26} \text{ Nm}$$

$$I = 2.00 \times 10^{43} \text{ kgm}^2$$

$$\alpha = 2.72 \times 10^{-17} \text{ rad/s}^2$$