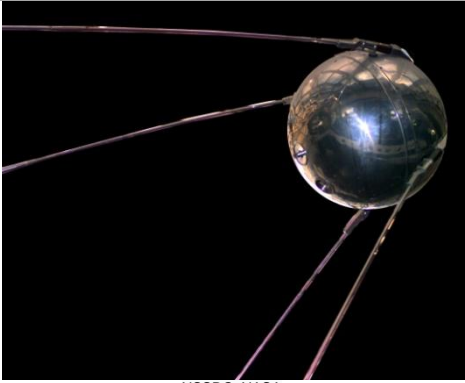
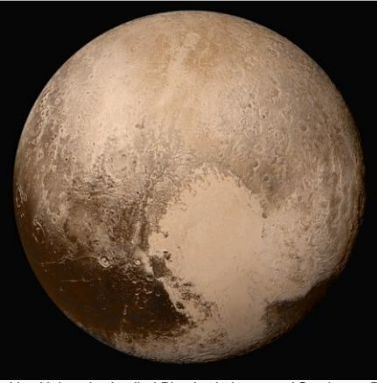

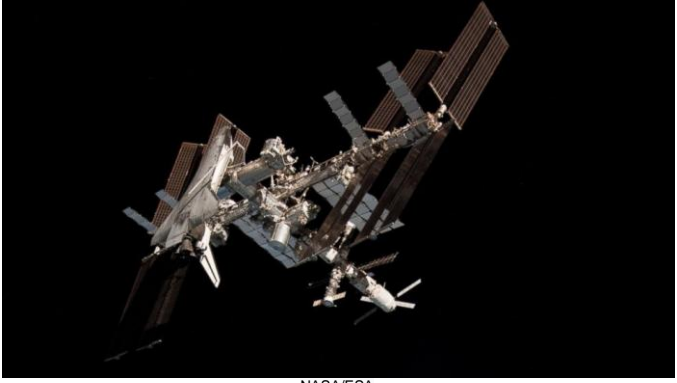




LATVIJAS 50. ASTRONOMIJAS ATKLĀTĀ OLIMPIĀDE
2022. GADA 22. FEBRUĀRĪ

1. TESTS

1. Atzīmē lieko, kas neiederas no astronomijas viedokļa. (1 p)

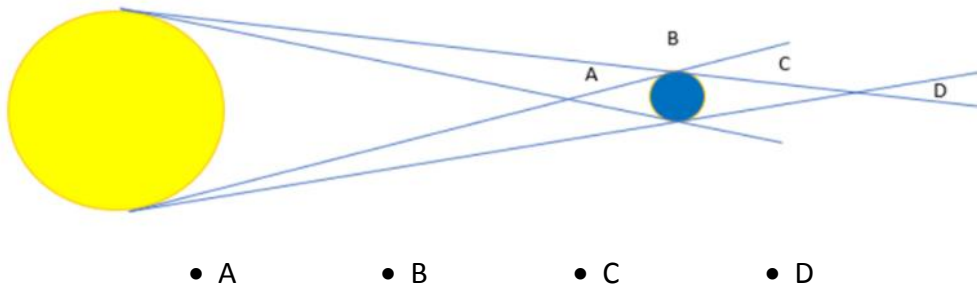
<p style="text-align: center;">A</p>  <p style="text-align: center;">NSSDC, NASA</p>	<p style="text-align: center;">B</p>  <p style="text-align: center;">NASA / Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory / Southwest Research Institute</p>
<p style="text-align: center;">C</p>  <p style="text-align: center;">By Luc Viatour, CC BY-SA 3.0</p>	<p style="text-align: center;">D</p>  <p style="text-align: center;">NASA/ESA</p>

2. Kāda atmosfēras parādība ir vērojama attēlā? (1 p)



- Komētas aste
- Saules suns
- Saules stabs
- Zodiakālā gaisma

3. Kurā vietā atrodas Mēness, ja uz Zemes novēro daļēju Mēness aptumsumu? (1 p)



4. Kas redzams attēlā? (1 p)

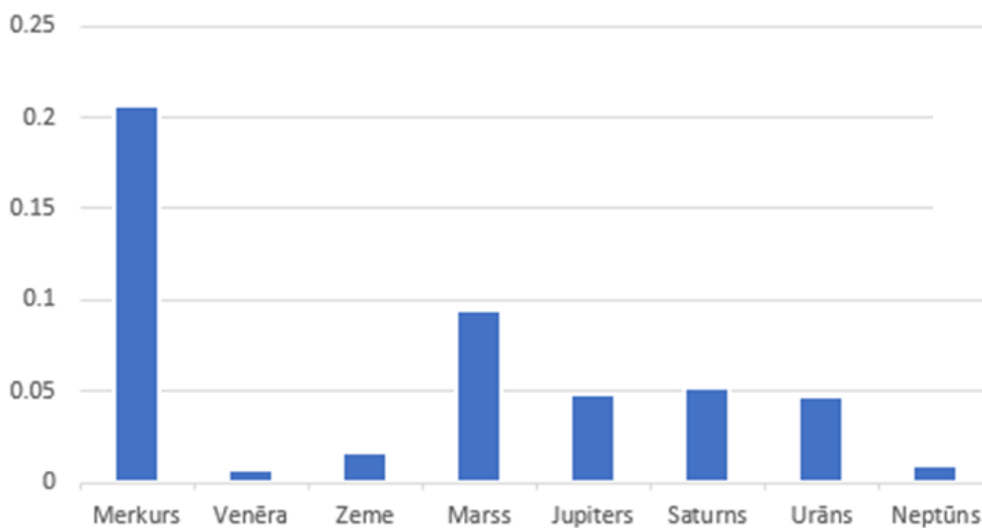


- Absorbcijas miglājs
- Emisijas miglājs
- Neregulārā galaktika
- Pārnova

5. Kurā zvaigznājā atrodas zvaigzne, kuras rektascensija 13^h un deklinācija $71^{\circ} 39'$? (1 p)

- Lielā Lāča zvaigznājā
- Mazā Lāča zvaigznājā
- Pūķa zvaigznājā
- Žirafes zvaigznājā

6. Kas attēlots grafikā? (1 p)



- Izstarotais siltums
- Blīvums
- Orbītas ekscentricitāte
- Orbītas slīpums

7. Ja aptumšotu Sauli, tad arī dienā varētu redzēt zvaigznes un zvaigznājus aiz tās. Cik dažādos zvaigznājos gada laikā atrodas Saule? (1 p)

- 1
- 12
- 13
- 88

8. Kādā ziemas vakarā Rūdis novēroja rietošu Mēnesi. Kāda bija Mēness fāze? (1 p)

- Augošs
- Dilstošs
- Pilns
- Jauns

9. Saules sistēma kustas cauri Piena Ceļa galaktikai kādā noteiktā virzienā jeb uz kādu iedomātu punktu. Kurā zvaigznājā atrodas šis iedomātais punkts? (1 p)

- Herkulesa zvaigznājā
- Lielā Lāča zvaigznājā
- Mazā Lāča zvaigznājā
- Oriona zvaigznājā

10. Alise Ziemassvētkos Latvijā novēroja kulminējam zvaigzni, kuras vārdā nosaukts kāds maiņzvaigžņu tips. Šī tipa maiņzvaigznes ir sarkanie milži un to pulsācijas periods ir lielāks nekā 100 dienas. Ap cikiem tas notika? (1 p)

- 18:30
- 20:30
- 22:30
- 00:30

2. NOVĒROJUMI AR STELLARIUM

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

A Atzīmē, kuri apgalvojumi ir patiesi – ko varētu novērot pie debesīm šonakt pēc pusnakts (no 0:00 līdz 2:00) atrodoties Rīgā? (4 x 0.5 p)

- | | | |
|---|----|----|
| • Sietiņš būs redzams virs horizonta. | Jā | Nē |
| • Lauvas zvaigznājs būs novērojams debess rietumu pusē. | Jā | Nē |
| • Sīriuss pie debesīm būs redzams ilgāk nekā Rīgels. | Jā | Nē |
| • Debess ziemeļrietumu pusē lēks Auna zvaigznājs | Jā | Nē |

B Kuras planētas atradīsies virs horizonta Rīgā 2025. gada 1. maijā plkst. 5.00 no rīta? (1.5 p)

- Merkurs (-0.5 p)
- Venēra
- Marss (-0.5 p)
- Jupiters (-0.5 p)
- Saturns
- Urāns (-0.5 p)
- Neptūns

C Kuras planētas atradīsies virs horizonta Rīgā 2025. gada 1. maijā plkst. 22.00 vakarā? (1.5 p)

- Merkurs (-0.5 p)
- Venēra (-0.5 p)
- Marss
- Jupiters
- Saturns (-0.5 p)
- Urāns
- Neptūns (-0.5 p)

D 2022. gada 16. februāra naktī Latvijā bija novērojams pilns Mēness. Kurā zvaigznājā atradās Mēness? (1 p)

- Vēža zvaigznājā
- Lauvas zvaigznājā
- Ūdensvīra zvaigznājā
- Zivju zvaigznājā
- Jaunavas zvaigznājā

E Kurš apgalvojums ir paties? (2 x 0.5 p)

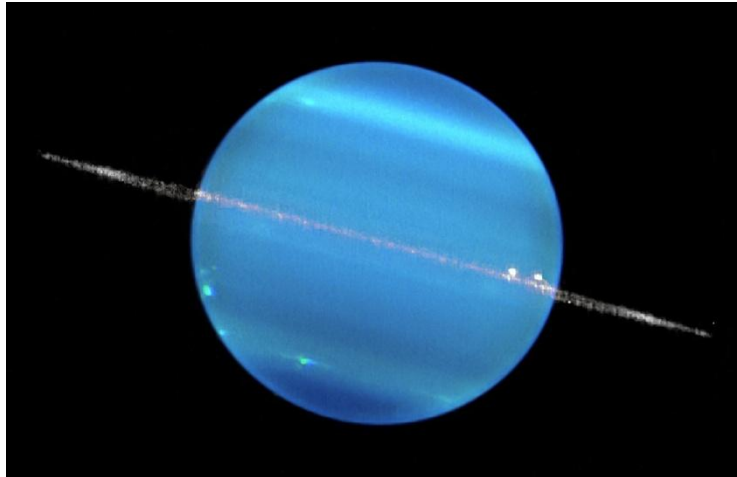
- | | | |
|---|----|----|
| • 2022. gada 16. februāra naktī Austrālijā bija novērojams pilns Mēness | Jā | Nē |
| • Skatoties no Austrālijas, Mēness atradās tajā pašā zvaigznājā, kurā skatoties no Latvijas | Jā | Nē |

F Pilns Saules aptumsums Latvijā (Rīgā) būs novērojams 2142. gada 25. maijā. Aptumsums sāksies īsu brīdi pēc plkst 11:05.

- | | | |
|---|----|----|
| • Cik sekundes, skatoties no Rīgas, ilgs aptumsuma pilnā fāze? 142 ± 22 s (1 p) | | |
| • Cik minūtes, skatoties no Rīgas, ilgs viss aptumsums? 147 ± 7 min (1 p) | | |
| • Vai, skatoties no Ventspils, arī būs novērojams pilns Saules aptumsums? (0.5 p) | Jā | Nē |
| • Vai, skatoties no Kanberas Austrālijā, arī būs novērojams Saules aptumsums? (0.5 p) | Jā | Nē |

3. URĀNS UN TĀ SISTĒMA

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



Urāna disks, kādu to var saskatīt mūsdienu lielākie teleskopi ar adaptīvo optiku.

Avots: NASA/JPL/Keck II teleskops, Havaju salas.

Saules sistēmas septīto planētu - Urānu 1781. gadā atklāja Viljams Heršels, veicot novērojumus ar paštaisītu teleskopu no sava mājas dārza. Diezgan ātri tika noteikts, ka Urāna sinodiskais periods (tas ir, laika posms starp planētas opozīcijām) ir $S_U = 369,66$ dienas.

Visā uzdevumā pieņemsim, ka debess ķermeņu orbītas ir riņķveida. Gravitācijas konstante $G = 6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$.

Astronomiskā vienība 1 ua = 150 miljoni km.

A Zemes gada ilgums ir $E = 365,25$ dienas. Cik liels ir Urāna sideriskais jeb orbitālais periods T_U ? Izsakiet to Zemes gados! (1 p)

B Cik liela būtu kļūda, nosakot Urāna orbitālo periodu, ja Urāna sinodisko periodu noteiktu ar +0,1 dienas kļūdu? Atbildi izsakiet Zemes gados! (1 p)

Kļūda ir Zemes gadi.

Nākamajos jautājumos **pieņemsim, ka Urāna apriņķošanas periods ap Sauli ir 84 gadi** (šī vērtība var atšķirties gan no iepriekšējos aprēķinos iegūtajām, gan no tabulu vērtībām).

C Nosakiet Urāna orbītas lielo pusasi un orbitālo kustības ātrumu! Zemes orbitālais kustības ātrums ir 29,8 km/s.

Lielā pusass $a_U = \dots$ au (1 p)

Orbitālais kustības ātrums $v_U = \dots$ km/s (1 p)

Nākamajos jautājumos **pieņemsim, ka Urāna orbītas rādiuss ir $a_U = 20$ au** (šī vērtība var atšķirties gan no iepriekšējos aprēķinos iegūtajām, gan no tabulu vērtībām).

D Urāna opozīcijā tā redzamais diametrs ir 4". Nosakiet Urāna diametru (km)! (1 p)

E Saules konstante, tas ir, Saules starojuma enerģija uz katru Zemes kvadrātmetru ārpus atmosfēras ir ap $k_Z = 1360 \text{ W/m}^2$. Nosakiet līdzīgu „Saules konstanti” Urānam, t.i. Saules starojuma enerģiju uz katru Urāna kvadrātmetru ārpus atmosfēras (W/m^2)! (1 p)

F Cik lielu enerģiju Urāns saņem no Saules katru sekundi (W)? Urāna diametrs 51 000 km (ši vērtība var atšķirties gan no iepriekšējos aprēķinos iegūtajām, gan no tabulu vērtībām). (1 p)

G Cik lielu apgaismojumu (W/m^2) Urāns rada uz Zemes virsmas (neievērojot Zemes atmosfēras absorbciju), kad Urāns atrodas opozīcijā, pieņemot, ka Urāna virsma izkļiedē atpakaļ atmosfērā 40% no Saules gaismas, t.i. Urāna albedo ir $\alpha = 40\%$? (2 p)

H Pieņemsim, ka Urāns uz Zemes virsmas rada apgaismojumu $3 \cdot 10^{-11} W/m^2$ (ši vērtība var atšķirties no iepriekšējos aprēķinos iegūtajām). Cik liels ir Urāna spožums (zvaigžņlielumos), atrodoties opozīcijā? Pieņemt, ka 0^m spožums redzamajā diapazonā atbilst apgaismojumam $5 \cdot 10^{-9} W/m^2$. (1 p)

4. BETELGEIZE

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

Betelgeize (α Ori) ir sarkanais pārmilzis pēdējās evolūcijas stadijās, kas periodiski maina savu redzamo spožumu V (vizuālā josla) starp $m_{V,max} = +0,2^m$ un $m_{V,min} = +1,0^m$.



Debess apgabals ar Orionu. Ar līnijām parādīta zvaigznāja raksturīgā figūra. 25.10.2020. Fotogrāfs Ilgonis Vilks.

Avots: <https://enciklopedija.lv/skirklis/116830-Orions>

A Cik reižu mainās Betelgeizes spožums V joslā no tās parastā minimuma līdz maksimumam? (1 p)

B Vizuālā joslā Betelgeize parasti ir 10. zvaigzne pēc spožuma, taču infrasarkanajā joslā Betelgeize ir spožākā nakts debess zvaigzne. Kāpēc? (1 p)

Izvēlies atbilstošo skaidrojumu:

- Betelgeize ir karsta zvaigzne
- Betelgeize ir auksta zvaigzne
- Betelgeize ir ļoti liela zvaigzne
- Betelgeize ir ļoti maza zvaigzne
- Betelgeize ir viena no 100 tuvākajām zvaigznēm

Betelgeizes paralakse ir aptuveni 5,85 mas (loka milisekundes) un tās noteikšanas kļūda ir $\pm 0,70$ mas.

C Cik liels ir attālums līdz Betelgeizei parsekos (0.5 p) un gaismas gados (0.5 p)? Aprēķinos izmantojiet doto paralakses vērtību.

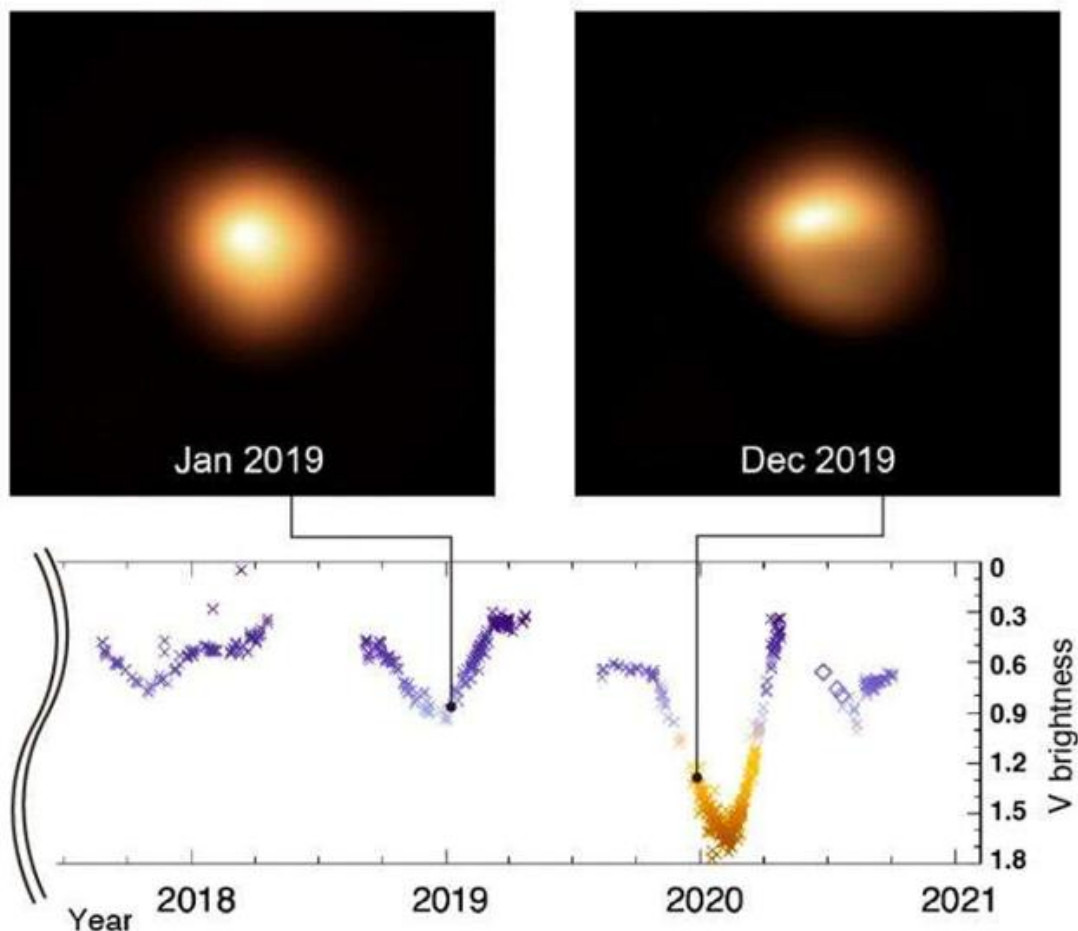
D Cik liels ir attālumu intervāls, kas atbilst izmērītās paralakses iespējamajām vērtībām? Nosakiet minimālo (0.5 p) un maksimālo (0.5 p) iespējamo attālumu un izsakiet tos parsekos!

E Izmantojot doto paralakses vērtību (5,85 mas) un neievērojot starpzvaigžņu gaismas absorbciju, nosakiet Betelgeizes absolūto spožumu V joslā tās spožuma minimumā! Rezultātu noapaļojiet līdz vienam ciparam aiz komata! (1 p)

Rīgelam (β Ori) ir līdzīga starjauka kā Betelgeizei (t.i., tas izstaro aptuveni tikpat daudz enerģijas kā Betelgeize), taču tā virsmas temperatūra ir lielāka (ap 12 000 K) nekā Betelgeizei (ap 3 700 K).

F Nosakiet, cik reizes Betelgeize ir lielāka par Rīgelu! (1 p)

2020. gada sākumā Betelgeizes spožums V joslā sasniedza kārtējo minimumu, bet tas bija īpašs gadījums. Attēlā ir redzama gan zvaigznes spožuma līkne, gan arī zvaigznes diska attēli divos atzīmētos momentos (2019. gada janvārī un decembrī). Spožums samazinājās daudz vairāk, nekā tas ir parasti Betelgeizes gadījumā. Analizējot attēlus, tika izsecināts, ka kādu diska daļu aizsedz mākonis, kas laiž cauri tikai ap 10% no redzamās gaismas. Tas, domājams, izskaidro 2020. gada sākuma spožuma minimumu.



Betelgeizes spožuma līkne (V joslas spožuma atkarība no laika, un tā diska attēli divos atzīmētajos momentos.

Attēla avots: ESO/M. Montargès et al)

G Izmantojot doto grafiku nosaki

G1 Kad Betelgeizes spožums sāka samazināties šī mākoņa dēļ? Atbildi (t.i. epohu) izsaki gados un noapaļo līdz simtdaļām! (0.5 p)

G2 Cik liels bija Betelgeizes spožums tieši pirms spožuma samazināšanās? (0.5 p)

G3 Kad Betelgeizes spožums bija vismazākais? (0.5 p) Atbildi (t.i. epohu) izsaki gados un noapaļo līdz simtdaļām! (0.5 p)

G4 Cik liels bija Betelgeizes zvaigžņlielums 2020. gada sākumā paša spožuma minimumā? (0.5 p)

H Tuvināti pieņemot, ka zvaigznes gaismu aizsedzošais putekļu mākonis ir pilnīgi necaurspīdīgs redzamajam starojumam, nosakiet zvaigznes laukuma daļu, kuru tas aizsedz! Pieņemiet, ka zvaigznes spožums ir tāds pats kā tas bija pirms mākoņa parādīšanās. Atbildi izsaki procentos! (1 p)

I Ar kuriem no minētajiem instrumentiem varētu izšķirt Betelgeizes disku (leņķiskais diametrs ap 42 mas)? (1 p)

- Ventspils radioteleskops (diametrs 32 m, viļņa garums 3,5 cm)
- Habla kosmiskais teleskops tuvā infrasarkanā starojumā (diametrs 2,4 m, viļņa garums 1 μm)
- Ļoti liels teleskops (VLT, diametrs 8 m, viļņa garums 0,6 μm) ar aktīvo un adaptīvo optiku
- Ļoti liels teleskops (VLT, diametrs 8 m, viļņa garums 0.6 μm) ar aktīvo optiku
- ALMA mikroviļņu teleskopu masīvs (66 teleskopi, katra teleskopa diametrs 12 m, lielākais attālums starp teleskopiem ap 16 km, viļņa garums 1,2 mm)

5. PĀRNOVAS NOVĒROJUMI

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



Abell 2256 galaktiku kopa (sarkanā nobīde $z = 0,058$)

Attēla avots: <https://www.cloudynights.com/topic/445876-abell-2256-cluster-of-overlapping-galaxy-halos/>

2000. gada beigās astronoms Jānis Ozoliņš novēroja la tipa pārnovu tā spožuma maksimuma laikā ar teleskopu, kura galvenā spoguļa diametrs ir 40 cm un efektivitāte ir 60% (tas ir, aptuveni 60% no ienākošās gaismas iziet caur optisko sistēmu un tiek reģistrēta uz gaismas detektora). Salīdzinot attēlu, kas uzņemts pirms pārnovas uzliesmojuma, ar otru uzņēmumu tās maksimuma laikā (sk. attēlu), viņš ieguva, ka no pārnovas 120 sekunžu ekspozīcijas laikā viņš saņēma 152 fotonus, kuru vidējais viļņa garums ir 0.6 mikrometri.



Galaktikas novērojums pirms la tipa pārnovas uzliesmojuma un tā laikā.

Attēla avots: <https://www2.lbl.gov/Science-Articles/Archive/supernova-metallicity.html>

A Cik liela enerģija ir vienam fotonam ar viļņa garumu 0.6 mikrometri? (1 p)

B Cik liels ir izmantotā teleskopa spoguļa efektīvais laukums (100% efektīva teleskopa spoguļa laukums, kurš ir tikpat jutīgs kā izmantotais teleskops)? (1 p)

C Cik liels ir pārnovas gaismas radītais apgaismojums uz Zemes virsmas (enerģija, kas krīt katru sekundi uz laukuma vienību, kas ir perpendikulāra starojuma izplatīšanas virzienam)? (1 p)

Lai izrēķinātu attālumu līdz pārnovai, Jānis nolēma salīdzināt tās radīto apgaismojumu ar Saules radīto apgaismojumu tajā pašā spektrālajā joslā. Saskaņā ar literatūras datiem, viņa izmantotais redzamās gaismas detektors ir jutīgs viļņa garuma diapazonā no $\lambda_1 = 450$ nm līdz $\lambda_2 = 750$ nm, pie tam jutība nav atkarīga no viļņa garuma.

Viņš arī noteica, ka Saules spektrālais apgaismojums šajā viļņa garumu diapazonā ir aptuveni konstants un vienāds ar $k_\lambda = 1,3$ W/m²/nm (katrā viļņu garuma diapazonā, kura platums ir 1 nm, katrs kvadrātmeters Zemes virsmas saņem no Saules 1.3 W).

D Cik liels ir Saules radītais apgaismojums izmantotajā redzamās gaismas spektrālā joslā? (1 p)

Ir zināms, ka la tipa pārnovas starjauca spožuma maksimumā ir vienāda ar $L_{SN} = 4 \cdot 10^9 L_\odot$, kur L_\odot ir Saules starjauca. Tālākiem aprēķiniem izmantojiet pārnovas radīto apgaismojumu $E_{SN} = 8,4 \cdot 10^{-16}$ W/m² un Saules apgaismojumu $E_\odot = 580$ W/m² (vērtības var atšķirties no iepriekš iegūtajām).

E Nosakiet attālumu līdz pārnovai! Atbildi izsakiet megaparsekos. (1 p)

Pārnova uzsprāga kādā galaktikā, kas atrodas Abell 2256 galaktiku kopā, kuras sarkanā nobīde pēc literatūras datiem ir $z_{\text{kopa}} = 0,058$.

Novērojot pārnovu ar citiem instrumentiem, tika atsevišķi noteikta galaktikas sarkanā nobīde, kurā uzsprāga pārnova; vērtība izrādījās $z_{\text{gal}} = 0,059$.

Sarkanā nobīde, kura tika noteikta pēc pārnovas spektra, ir $z_{\text{SN}} = 0,046$. Pieņemsim, ka visi trīs mērījumi ir patiesi un neievērosim mērījuma kļūdas.

F Kāpēc pārnovas spektrālīniju sarkanā nobīde tik stipri atšķiras no galaktikas sarkanās nobīdes vērtības? (1 p)

- Jo starojums veidojas no pārnovas izmestajā vielas čaulā, kas izplešas ar lielu ātrumu.
- Jo zvaigzne, kura radās la tipa pārnovas sprādzienā, ar lielu ātrumu tika izmesta no galaktikas
- la tipa pārnovas galvenokārt veidojas no zvaigznēm ar lielu īpaškostību, tāpēc liela sarkanās nobīdes atšķirība nav nekas īpašs
- Starojums rodas pārnovas centrālajā daļā, un novēroto sarkano nobīdi ietekmē šī apgabala stiprais gravitācijas lauks

G Kāpēc galaktiku kopas sarkanā nobīde atšķiras no tai piederošās vienas galaktikas sarkanās nobīdes? (1 p)

- Tas ir mērījumu nenoteiktību rezultāts; sarkano nobīdi ir grūti izmērīt ar lielu precizitāti.
- Gaismu viļņu garumus, un līdz ar to arī sarkano nobīdi, ietekmē Piena Ceļa galaktikas starpzvaigžņu vides magnētiskais lauks.
- Atšķirība rodas tāpēc, ka šī galaktika kustās attiecībā pret galaktiku kopas centru.
- Ceļā līdz novērotājam notiek diferencēta fotonu novecošanās.

H Kura no trim sarkanās nobīdes z vērtībām ir izmantojama Habla konstantes noteikšanai un kāpēc? (1 p)

- Pašas zvaigznes sarkanā nobīde, jo starjaudai un sarkanai nobīdei jāattiecas uz vienu un to pašu objektu
- Galaktikas sarkanā nobīde, jo pārnovas spektru ietekmē pašas zvaigznes kustība
- Galaktiku kopas sarkanā nobīde, jo Habla-Lemētra likums saista telpas izplešanos ar sarkano nobīdi, un galaktiku kopa mazāk kustas attiecībā pret "telpu", nekā atsevišķa galaktika
- Vidējā vērtība no visām trim, jo vidējojot tiek samazināta kļūda.

I Nosakiet Habla konstanti, izmantojot Habla-Lemētra likumu! Pieņemiet, ka attālums līdz pārnovai ir 220 Mpc un sarkanās nobīdes vērtība ir 0,057. (1 p)

Vērtību, kas ir apgriezta Habla konstantei, bieži vien sauc par Habla laiku, jo tas ir tuvs Visuma vecumam.

J No 2000. gadā pieņemtās Habla konstantes vērtības $H_0 = 75 \text{ km/s/Mpc}$ nosakiet Habla laiku un izsakiet to miljardos gadu! (1 p)