

RUDENS 2018

Zvaigžņotā DEBEŠS

PLUS PIELIKUMS: ASTRONOMISKAIS KALENĀRS 2019

MĒNESS VARAVĪKSNE

Novērojums Papes
Ornitoloģisko pētījumu centrā

BALDONES OBSERVATORIJĀ
ŠOPAVASAR NOVĒROTI

5 JAUNI
ASTEROĪDI

OMUAMUA
asteroīds vai
komēta?

Izdevējs



LATVIJAS
UNIVERSITĀTE
ANNO 1919

PIRMS 50 GADIEM

MĒNESS EKSPEDĪCIJAS
AR ŪDENRAŽA SPĒKU



Gaisma ap mirušu zvaigzni - **12.** lpp.



Zvaigznes atsedz Piena Ceļa galaktikas struktūru - **16.** lpp.



Zemo frekvenču antenu Jauka radioteleskops Irbenē - **36.** lpp.



Mēness varavīksnes novērojums 2017. gada 8. oktobrī - **56.** lpp.



Omuamua - asteroīds vai komēta - **26.** lpp.



Jaunumi Latvijas Universitātes Astronomijas institūtā - **4.** lpp.

ZVAIGŽNOTĀ DEBESS
2018. GADA RUDENS (241)
Izdevējs:



Zvaigžnotā Debess ir populārzinātnisks izdevums par astronomiju. Žurnāls iznāk četras reizes gadā kopš 1958. gada rudens. Žurnālā tiek sniegta informācija par astronomijas un kosmonautikas sasniegumiem, tas piedāvā jaunākās ziņas par Saules sistēmu un citplanētām, par zvaigznēm, galaktikām un Visuma uzbūvi, kā arī stāsta par orbitālajiem un virszemes teleskopiem un kosmiskajiem aparātiem.

Redakcijas kolēģija:

Kārlis Bērziņš, *Dr. sc. comp.*
Mārtiņš Gills, *PhD* Jānis Jaunbergs,
Irēna Pundure, Guna Spurava,
Dr. paed. Ilgonis Vilks

Autori:

Valdis Avotiņš, Ivo Dinsbergs,
Jānis Jaunbergs, Juris Kauliņš,
Māris Krastiņš, Raitis Misa,
Romass Pauliks, Kurts Švarcs,
Ilgonis Vilks

Māksliniece:

Liene Kozlovskā

Literārais redaktors:

Oskars Lapsiņš

Žurnāls sagatavots:

Latvijas Universitātes
Akadēmiskais apgāds
Tālrunis: 67034889
E-pasts: apgads@lu.lv

Pateicamies Dmitrijam Docenko,
Baibai Lazdiņai, Andrai Liepiņai,
Rutai Puriņai, Ievai Tiltiņai un
Ievai Zārānei par sadarbību
žurnāla numura veidošanā.

Interneta resursi:

www.astr.lu.lv/zvd/
www.lu.lv/zvd/

Digitālais arhīvs:

<http://ejuz.lv/zvd>

Iespiests:

SIA Latgales drukā

SATURS

AKTUĀLI

Jaunami Latvijas Universitātes Astronomijas institūtā	2
Žurnālam <i>Zvaigžnotā Debess</i> 60 gadi	6

ATKLĀJUMI

<i>VLT teleskops</i> relativitātes teorijas pārbaudei	10
Gaisma ap mirušu zvaigzni	12
Piena ceļš un tā apkārtnē GAIA skatījumā	14

VISUMA IZPĒTE

Zvaigznes atsedz Piena Ceļa galaktikas struktūru	16
<i>Oumuamua</i> – asteroīds vai komēta?	26
Klusā Reja	28
Šķidrās ūdens zem Marsa dienvīdu polārajiem ledājiem	34

TELESKOPI

Zemo frekvenču antenu lauka radioteleskops Irbenē	36
--	----

LATVIJAS ZINĀTNIEKI

Astronomei Ilgai Daubei šoruden dižjubileja	42
--	----

ATSKATOTIES PAGĀTNĒ

Mēness ekspedīcijas ar ūdeņraža spēku	44
--	----

ASTRONOMIJA SKOLĀS

Latvijas astronomijas 46. olimpiādes rezultāti	48
---	----

AMATIERU NOVĒROJUMI

Mēness varavīksnes novērojums 2017. gada 8. oktobrī	56
--	----

DEBESS RUDENĪ

Debess spīdekļi 2018. gada rudenī	58
-----------------------------------	----

PIRMS 40 GADIEM ZVAIGŽNOTAJĀ DEBESĪ

Vai kvazāri palīdzēs atrisināt jautājumu par kosmoloģiskās izplešanās raksturu?	64
“Viking-1 un 2”: pilns Marsa gads	64



Amara Grapa. Att. avots:
Anrija Požarska foto, *Europlanet*
preses relīze, 27.06.2018.

Piešķirta **BALVA**

Latvijas Universitātes Astronomijas institūta vadošajai pētniecei **Dr. Amarai Linnai Grapai piešķirta 2018. gada *Europlanet* balva** par “plaša mēroga darbu, kas iedvesmojis un veicinājis kosmosa izpētes aktivitātes Baltijas reģionā zinātnes un industriālajā jomā, kā arī izglītībā un plašākā sabiedrībā”. Amara Grapa ierosināja Rīgā rīkot Eiropas planetoloģijas zinātnisko kongresu un aktīvi darbojās, lai šo iecerī īstenotu. Tas bija darbs apmēram divu gadu garumā, rūpējoties par visdažādākajiem kongresa aspektiem – vietējās organizācijas komitejas izveidi, līdzekļu piesaisti, izglītības un publicitātes aktivitātēm, dažādu institūciju iesaistīšanu, bukleta veidošanu un daudz ko citu.

2017. gada septembrī Rīgā sapulcējās 800 planētu izpētes speciālistu no 40 pasaules valstīm, un kongress bija ļoti sekmīgs gan no zinātniskā viedokļa, gan citās jomās. Piemēram, izstādi par Saules sistēmu apmeklēja 600 vietējo skolēnu. Ne velti žūrijas locekļi atzīmēja viņas “ziedošanos un milzīgās personīgās pūles, lai veidotu sadarbību un popularizētu kosmosa jomu Baltijas reģionā”. *Europlanet* balva, kuras apmērs ir 4000 eiro, Amarai Grapai tika pasniegta 17. septembrī, gadskārtējā Eiropas planetoloģijas zinātnes kongresā, kas šogad norisinājās Vācijā, Berlīnē.

Amaras Grapas zinātniskais darbs ir saistīts ar putekļu izpēti dažādās Saules sistēmas vietās – planētu apkaimēs, uz planētu pavadoņiem, komētām un asteroīdiem. Jau vairākus gadus viņa strādā Latvijas Universitātes Astronomijas institūtā, veicot pētījumus un aktīvi rakstot jaunu pētījumu pieteikumus, uzstājoties konferencēs, vadot studentu maģistra darbus un popularizējot astronomiju. Viņa ir viens no tiem entuziastiem, kas uzskata, ka jau tuvākajā nākotnē no asteroīdiem varēs iegūt derīgos izrakteņus, tāpēc ir iesaistījusies arī kompānijas *Deep Space Industries* aktivitātēs.

Atklāti jauni ASTEROĪDI

Baldones observatorijā

2018. gada pavasarī novēroti pieci jauni asteroīdi. Divi no tiem jau novēroti iepriekš, bet novērojumu skats nav bijis pietiekams, lai tiem piešķirtu pastāvīgu apzīmējumu (numuru). Ilgmāra Egliša veiktie novērojumi palīdzēs precizēt to orbītu. **Trīs asteroīdi** ar pagaidu apzīmējumiem 2018 FV25, 2018GV6 un 2018 GX8 **novēroti pirmo reizi**. Visi trīs riņķo galvenajā asteroīdu joslā starp Marsa un Jupitera orbītām. Ja pieņemam, ka to gaismas atstarošanas spēja ir 20%, tad 2018 GX8 diametrs ir viens kilometrs, 2018 FV25 diametrs – 1,4 kilometri, 2018GV6 ir nedaudz lielāks, tā diametrs ir 1,9 kilometri.



Mēs pagaidām nezinām, kā tieši izskatās jaunie asteroīdi, taču kā piemērs var kalpot 2018. gada 26. jūnijā japāņu kosmiskās zondes *Hayabusa 2* nofotografētais asteroīds 162173 Rjugu, kura diametrs ir viens kilometrs. Att. avots: JAXA, University of Tokyo, Kochi University, Rikkyo University, Nagoya University, Chiba Institute of Technology, Meiji University, University of Aizu, AIST.

Jauni zinātniskie PROJEKTI



ESA optiskā stacija Tenerifes salā, kurā novēro kosmiskos atkritumus un asteroīdus, kā arī vajadzības gadījumā nodibina optiskos (lāzera) sakarus ar satelītiem un zondēm, kas atrodas orbitā ap Mēnesi. Att. avots: ESA/D. Lopez

2018. gada sākumā Latvijas Zinātnes padome izsludināja fundamentālo un lietišķo pētījumu projektu konkursu un saņēma 397 iesniegumus. Konkurence bija sīva, pēc izvērtēšanas atbalstīja tikai 61 projektu. Viens no **priekšlikumiem, kas saņēms finansējumu, ir LU Astronomijas institūta projekts “Kompleksie Saules sistēmas mazo ķermeņu pētījumi”**, ko paredzēts veikt sadarbībā ar Ventspils Augstskolas Ventspils Starptautisko radioastronomijas centru. Šajā projektā trīs gadus notiks Saules sistēmas mazo ķermeņu novērojumi ar nolūku precizēt to fizikālo dabu, virsmas īpašības, kustību, rotāciju un citus lielumus. Baldones observatorijā ar Šmita teleskopu novēros asteroīdus, Irbenes radioteleskops “raudzīsies” uz komētām.

LU Astronomijas institūts 2018. gada jūnijā ir sācis dalību starptautiskā projektā, kura **mērķis ir izstrādāt jaunu lāzerlokācijas sistēmas prototipu** Eiropas Kosmosa aģentūras (*European Space Agency, ESA*) vajadzībām.

Lāzerlokāciju izmanto attāluma noteikšanai līdz satelītiem ar dažu milimetru precizitāti. Topošā ESA lāzerlokācijas sistēma atradīsies Tenerifē, Kanāriju salās, 2400 metrus virs jūras līmeņa. Astronomijas institūta ieguldījums būs datu ieguves un apstrādes apakšsistēmas izstrāde, jo institūtā izstrādātā programmatūra ir jau pārbaudīta praksē un tiek izmantota Vācijā, Latvijā un Somijā. Projektu finansē Eiropas Kosmosa aģentūra.



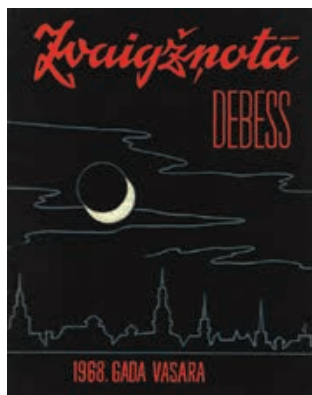
Studenti praktikanti pie Latvijas Universitātes galvenās ēkas. No kreisās: Roberts Krautmans, Siri Talvistu un Džains Aijušs. Att. avots: Horhes del Pino

Sadarbība ar IGAUNIJU

Otro gadu Latvijas Universitātes Astronomijas institūts piedalās Latvijas-Igaunijas pārrobežu projektā "Jaunās uzņēmēju paaudzes praktiska apmācība kosmosa STEM jomā". Vasarā vairāki desmiti studentu iziet 10 nedēļas garu praksi kādā no projektā iesaistītajām augstskolām vai citām ar kosmosa jomu saistītām institūcijām. Šovasar **Latvijas Universitāte uzņēma četrus praktikantus**. Anna Bule, kas studē LU Fizikas un matemātikas fakultātes fizikas bakalaura programmā, Baldones observatorijā apstrādāja zvaigžņu novērojumus, meklējot jaunas oglekļa zvaigznes. Pēc oglekļa zvaigznes kandidāta atrašanas jāpārlicinās, vai tas jau nav iekļauts katalogos. Ja tā ir jauna oglekļa zvaigzne, tad tai ir jānosaka precīzas koordinātas, jānovērtē spožums, temperatūra un attālums. Roberts Krautmans (*Robert Krautmans*), kas Tallinas Tehnoloģiju universitātē studē materiālu zinātni un ilgtspējīgo enerģētiku, Astronomijas institūta pavadoņu novērošanas stacijā gatavoja darbam jaunu meteostaciju, kas nepieciešama atmosfēras parametru noteikšanai satelītu lāzerlokācijas laikā. Viens no uzdevumiem bija kalibrēt meteostācijas barometru, izmantojot otru, augstas precizitātes absolūto barometru.

Atbilstoši projekta nostādņēm tiek atbalstīti arī citi ar kosmosu saistīti uzņēmumi, kas nav tieši iesaistīti projektā. Tāpēc šogad divi studenti, Džains Aijušs (*Jain Ayush*), kurš Tartu Universitātē studē robotiku un datoru inženieriju, un Siri Talvistu (*Siiri Talvistu*), kas Lüleo Tehniskajā universitātē Zviedrijā studē kosmisko aparātu būvniecību, darbojās SIA *Heliocentric Technologies Latvia*, kas būvē raķeti kosmosa robežas sasniegšanai 100 kilometru augstumā. Viens no uzdevumiem ir raķetes orientācijas kontrole lidojuma laikā. Abi studenti veidoja raķetes telpiskā stāvokļa matemātiskos modeļus un testēja labākās orientācijas metodes. 2018. gada 30. un 31. augustā Latvijas Universitātē notika šā gada vasaras prakšu noslēguma seminārs. Studenti ziņoja par paveikto, un projekta vadības grupa apspriedās par projekta norisi un turpmākajiem uzdevumiem. 🌟





Zvaigžņotajai

VAI JŪS ZINĀJĀT, KA ZVAIGŽNOTĀ DEBESS IR VIENS NO ILGSTOŠĀK BEZ PĀRTRAUKUMA IZNĀKOŠAJIEM ŽURNĀLIEM LATVIJĀ? ŠORUDEN ZVAIGŽNOTĀ DEBESS SVIN 60 GADU JUBILEJU, TĀPĒC ATSKATĪSIMIES, KĀ VISS SĀKĀS UN KĀDI IR BIJUŠI NOZĪMĪGĀKIE BRĪŽI ŽURNĀLA PASTĀVĒŠANĀ.

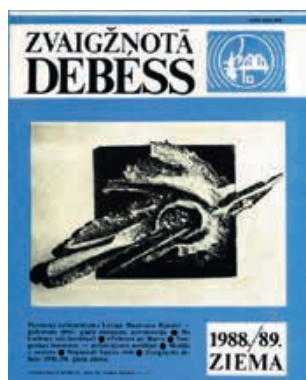
1957. un 1958. gadā notika Starptautiskā ģeofizikas gada pasākumi, kad zinātnieki pētīja okeānus, atmosfēru un tuvējo kosmosu. Tā norisē aktīvi iesaistījās arī Latvijas astronomi. 1957. gada 4. oktobrī kosmosā tika palaists pirmais Zemes mākslīgais pavadoņš. Bija sākusies kosmosa apgūšanas ēra un strauji palielinājusies interese par astronomiju. Skaidrs, ka to bija nepieciešams atspoguļot! Pirmajā žurnāla numurā, kas iznāca 1958. gada rudenī, lasītājam vēltītie ievadvārdi ir īsi un lietišķi, taču precīzi atspo-

guļo žurnāla būtību, kāda tā ir saglabājusies visus šos gadus: ““ZVAIGŽNOTĀ DEBESS” ir gadalaiku izdevums. Atbilstoši gadalaikam, šīnī gadījumā rudenim, izdevumā sniegsim ziņas par zvaigžņotās debess izskatu, planētām, meteoriem, komētām un citām interesantām debess parādībām. Populārzinātnisko rakstu nolūks ir paust modernās astronomijas svarīgākos sasniegumus. Īsas ziņas tiks sniegtas par jaunākiem notikumiem astronomijā, par observatorijām un ievērojamiem astronomiem, par astronomijas vēstures un

citiem jautājumiem. Cerams, ka “Zvaigžņotā Debess” spēš apmierināt visus tos lasītājus, kas interesējas par astronomijas jautājumiem.”

VIENS NO JĀNĀ IKAUNIEKA LOLOJUMIEM

Ievadvārdus parakstījuši atbildīgais redaktors Jānis Ikaunieks, atbildīgā redaktora vietnieks Andrejs Alksnis, sekretārs Linards Reiziņš, astronome Ilga Daube un fiziķe Milda Zepe. Jānis Ikaunieks tolaik bija Latvijas astronomijas centrālā figūra, viņš ne tikai izvērša astronomiskos pētījumus Zinātņu akadēmijā



Debesij – 60

un observatorijas celtniecību Baldonē, bet arī rosināja Latvijas Astronomijas biedrības (mūsdienu nosaukums) izveidošanu 1947. gadā un Astronomiskā kalendāra izdošanu, sākot ar 1953. gadu. Kā radās žurnāla nosaukums? Andrejs Alksnis 2008. gadā raksta: “*Izdevumam bija jādod nosaukums, bija vairāki priekšlikumi, taču izvēle krita uz Zvaigžņoto debesi, lai gan bija zināms, ka tāds pats nosaukums ir 30. gados divas reizes iznākušajam J. Videnieka astronomijas kalendāra variantam.*”

VĀKS – ŽURNĀLA VIZITKARTE

Zvaigžņoto Debessi izdeva Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas izdevniecība, kas 1965. gadā tika pārdēvēta

KATRS GADALAIKS BIJA “KODĒTS” AR SAVU KRĀSU, PAVASARIS – ZAĻŠ, VASARA – SARKANA, RUDENS – DŽELTENS, ZIEMA LĪDZ 1967. GADAM BALTA, TAD – ZILA.

par izdevniecību *Zinātne*, pirmā numura metiens bija 2000 eksemplāri. Aptuveni tāda tirāža saglabājās ilgu gadus, līdz pat būtiskajām ekonomiskajām pārmaiņām 20. gadsimta 90. gados. Jau kopš paša sākuma katrs gadalaiks bija “kodēts” ar savu krāsu, pavasaris – zaļš, vasara – sarkana, rudens – dzeltens, ziema līdz 1967. gadam balta, pēc tam – zila. Pirmajos gados vāka noformējums mainījās, līdz 1969. gadā vārdi *Zvaigžņotā Debess* “nostabilizējās” vāka augšējā

daļā. Pēc tam ir mainījusies burtu rakstība, bet noformējuma princips palicis nemainīgs, augšpusē atrodas nosaukums, vāka vidusdaļā – aktuāls astronomisks attēls, kopš 1979. gada norādīti arī būtiskākie raksti.

LAIKMETA HĀRONIKA UN TĀS VEIDOTĀJI

Šo gadu gaitā būtiski uzlabojušās poligrāfiskās iespējas. Sākumā *Zvaigžņotā Debess* iznāca melnbalta un krāsains bija tikai pirmais un pēdējais vāks.



FAKTI

● 1961. gadā žurnāls *Zvaigžņotā Debess* maksāja 12 kapeikas, tā bija baltmaizes kukuliša cena.

● 1986. gada sākumā žurnāla metiens sasniedza 4350 eksemplārus.

● Visilgāk – no 1963. līdz 2005. – gadam redkolēģijā darbojies astronoms Arturs Balklavs.

● Visi žurnāla numuri līdz pat 2014. gada vasarai pieejami elektroniski Latvijas Universitātes e-resursu repozitorijā: <https://dspace.lu.lv/dspace/handle/7/1171>



Zvaigžņotās Debess veidotāji 1995. gadā. Priekšplānā – Irena Pundure. Pirmajā rindā no kreisās – Solveiga Čepurniece, Leonids Roze. Otrajā rindā no kreisās – Edgars Mūkins, Ilgonis Vilks, Juris Birzvalks, Arturs Balklavs–Grīnhofs, Tomass Romanovskis, Andrejs Alksnis. Leonoras Rozes foto.

1981. gadā žurnāla vidū parādījās krāsu ielikums, vēlāk pievienojās arī krāsaini iesējie vāki. 2006. gadā žurnāls kļuva viscaur krāsains. No 1996. gada rudens žurnāls divus gadus bija izmēros nedaudz mazāks, bet tad atguva sākotnējo formātu.

Ir grūti precīzi saskaitīt, cik rakstu šajos 60 gados publicēts. Divi ražīgākie autori neapšaubāmi ir Arturs Balklavs, kurš publicējis apmēram 400 rakstu, un Andrejs Alksnis ar nedaudz mazāku rakstu skaitu. Trešā ir Natālija Cimahoviča – apmēram 250 rakstu. Vairāk par 100 rakstiem publicējuši Zenta Alksne, Ilga Daube, Matīss Dīriķis, Mārtiņš Gills, Jānis Jaunbergs, Juris Kauliņš, Edgars Mūkins, Irena Pundure un Ilgonis Vilks. Secīgi pārļapojot dažādus žurnāla gadagājumus, ir interesanti izsekot astronomijas attīstībai gan Latvijā, gan pasaulē. Lūk,

parādās ziņa, ka atklāti spēcīgi radiostarojuma avoti – kvazāri, tālāk seko hipotēzes, un tad jau arī pierādījumi par to dabu un milzīgo attālumu. Tas pats attiecas uz melnajiem caurumiem, neitronu zvaigznēm un citiem 20. gadsimta otrās puses astronomijas atklājumiem. Detalizēti atspoguļotas amerikāņu ekspedīcijas uz Mēnesi, kas citur padomju presē tika noklusētas. Lasām, kā Latvijas observatorijās ierindā stājas jauni teleskopi un darbu sāk jauni, entuziasma pilni zinātnieki. *Zvaigžņotā Debess* ir izcila laikmeta hronika.

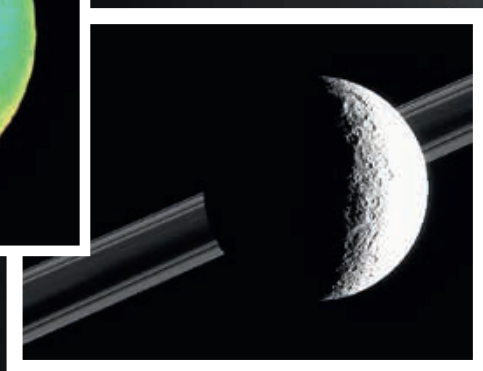
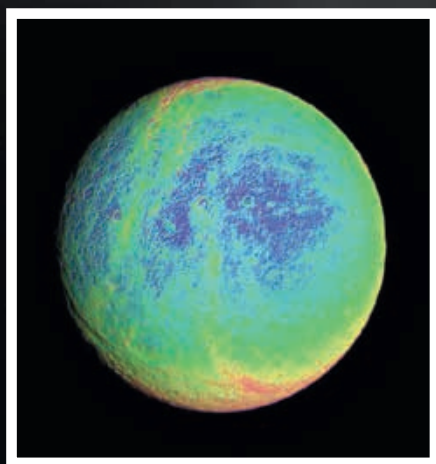
NĀKAMĀ PIETURA – 100!

Līdz 1969. gadam žurnāla atbildīgais redaktors bija Jānis Ikaunieks, pēc viņa nāves šo uzdevumu pārņēma astronoms Arturs Balklavs, pēc viņa nāves 2005. gadā darbu turpināja matemātiķis Agnis Andžāns. Taču kārtējā numura tapšanā

ļoti liela loma ir sastādītājam. Kopš 1991. gada vasaras tā nemainīgi ir bijusi Irena Pundure, kas ieguldījusi milzīgu, nesavtīgu darbu *Zvaigžņotās Debess* veidošanā. Līdz 1996. gada vasarai žurnāla izdošanu turpināja izdevniecība *Zinātne*, bet jau nākamo, rudens numuru sagatavoja apgāds *Mācību grāmata*. Liels paldies Guntai un Jānim Kuzmaņiem un citiem apgāda darbiniekiem par ilggadējo ieguldījumu *Zvaigžņotās Debess* izdošanā! Šis, 2018. gada rudens numurs tapis jau Latvijas Universitātes Akadēmiskajā apgādā. Varētu teikt, ka 60 gadi ir tāds kā pensijas vecums. Taču *Zvaigžņotā Debess* pensijā iet nedomā, gluži otrādi – redkolēģijai ir plāni, kā uzlabot saturu un piedāvāt lasītājiem vēl interesantākus un aktuālākus materiālus. Kosmoss ir tik liels, un tajā ir tik daudz aizraujošu notikumu, ka vēl ilgi pietiks, par ko stāstīt. ●

ABONĒ ŽURNĀLU *ZVAIGŽNOTĀ DEBESS* 2019. GADAM

UN ARĪ TURPMĀK UZZINI PAR
VISUMA IZPĒTI,
ORBITĀLAJIEM UN VIRSZEMES TELESKOPIEM,
KOSMISKAJIEM APARĀTIEM UZ MARSA UN CITUR!



ABONĒ LATVIJAS PASTA NODAĻĀS VAI INTERNETĀ: PASTS.LV
INDEKSS ABONĒŠANAI LATVIJAS PASTĀ: 2214

ŽURNĀLS IZNĀK ČETRAS REIZES GADĀ: MARTĀ, JŪNIJĀ, SEPTEMBRĪ, DECEMBRĪ

Cena 2019.gada abonementam 9,00 eiro

VLT* TELESKOPS

relativitātes teorijas pārbaudei

EIROPAS DIENVIDU OBSERVATORIJAS VLT TELESKOPS IZMANTOTS ĻOTI PRECĪZAI VISPĀRĪGĀS RELATIVITĀTES TEORIJAS PĀRBAUDEI, VEICOT NOVĒROJUMUS ĀRPUS PIENA CEĻA GALAKTIKAS



1. att.

Netālās galaktikas ESO 325-G004 attēls, kas veidots, apvienojot Habla kosmiskā teleskopa un VLT MUSE instrumenta iegūtos datus. MUSE instruments ļāva noteikt zvaigžņu kustības ātrumu un dzēst galaktikai ESO 325-G004 piederošo zvaigžņu gaismu, lai izceltu gravitācijas noliekto tālākas galaktikas gaismu, kas redzama kā gaiši zilās gaismas loki. Attēla avots: ESO, ESA/Hubble, NASA.

Izmantojot Eiropas Dienvidu observatorijas *VLT (angl. – *Very Large Telescope*) teleskopa MUSE (angl. – *Multi-Unit Spectroscopic Explorer*) kombinēto spektrometru un NASA Habla kosmisko teleskopu, astronomi ir veikuši līdz šim precīzāko vispārīgās relativitātes teorijas pārbaudi ārpus mūsu Piena Ceļa galaktikas. Salīdzinājumā ar novērojamā Visuma izmēriem tuvā ESO 325-G004 galaktika rada gravitācijas lēcas efektu, noliecot gaismu, kas nāk no tālākas galaktikas aiz tās, un noliektā tālās galaktikas gaisma ir novērojama kā gaismas gredzens (tā sauktais Einšteina gredzens) ap tuvākās galaktikas centru. Salīdzinot ESO 325-G004 galaktikas masu ar gaismas noliekšanās efekta lielumu, astronomi secināja, ka arī šādos astronomiskos attālumos gravitācija darbojas atbilstoši vispārīgās relativitātes teorijas principiem, kas ļauj noraidīt dažas alternatīvas gravitācijas teorijas. Izmantojot Eiropas Dienvidu observatorijas VLT teleskopa MUSE instrumentu, Tomasa Koleta (Portsmutas Universitāte, Lielbritānija) vadītā pētnieku grupa pirmo reizi aprēķināja ESO 325-G004 galaktikas masu, mērot zvaigžņu kustību ap šīs netālās eliptiskās galaktikas centru, izmantojot faktu, ka zvaigžņu orbitālās kustības ātrums ir atkarīgs no galaktikas masas. Tai pašai astronomu grupai arī izdevās izmērīt gravitācijas iedarbību uz gaismu. Izmantojot NASA Habla kosmisko teleskopu, viņi novēroja Einšteina gredzenu ap ESO 325-G004 galaktiku, ko veidoja šīs galaktikas

gravitācijas noliektie gaismas stari no tālākas galaktikas, kas atrodas aiz tās. Einšteina gredzena novērojumi astronomiem ļāva aprēķināt, cik stipri ESO 325-G004 galaktikas zināmā masa maina tālākās galaktikas gaismas virzienu.

Vispārīgā relativitātes teorija paredz, ka vielas masa deformē laiktelpu, līdz ar to arī nedaudz maina gaismas staru virzienu. Gaismas noliekšanās ap ķermeni tā gravitācijas iedarbībā dēvē par gravitācijas lēcas efektu, ko izdodas novērot tikai ļoti masīviem objektiem.

Saules sistēmas, un tas ir iegūts tikai ar vienu no simtiem zināmo gravitācijas lēcu. Vispārīgās relativitātes teorija Saules sistēmas mērogā ir daudzārt pārbaudīta ar fantastisku precizitāti, un pašlaik tiek detalizēti pētīta zvaigžņu kustība ap melno caurumu mūsu Piena Ceļa galaktikas centrā, taču līdz šim trūka pētījumu plašākos kosmiskos mērogos. Gravitācijas īpašību pārbaude simtiem miljonu gaismas gadu attālumā ir būtiska, lai apstiprinātu pašreizējos kosmoloģiskos priekšstatus, arī to, ka fizikas likumi ir nemainīgi lielos attālumos.

TAŠ IR PĀRLIECINOŠĀKAIS ŠĀDA VEIDA MĒRĪJUMS OBJEKTIEM ĀRPUS SAULES SISTĒMAS.

Pašlaik ir novēroti daži simti skaidri izteiktu gravitācijas lēcu, bet vairums no tām ir pārāk tālu, lai precīzi noteiktu gaismu noliecošā objekta masu. ESO 325-G004 galaktika ir izpēti īpaši piemērota, jo tā ir viena no mums tuvākajām gravitācijas lēcām – atrodas 450 miljonu gaismas gadu attālumā no Zemes. Tomasa Koleta pētnieku grupa bija pirmie, kas salīdzināja ESO 325-G004 galaktikas masu saskaņā ar Eiropas Dienvidu observatorijas MUSE spektrometra noteiktajiem zvaigžņu kustības ātrumiem un šīs galaktikas gravitācijas lēcas īpašībām, ko izmērīja ar Habla kosmisko teleskopu. Rezultāts atbilda vispārīgai relativitātes teorijai ar datu nenoteiktību tikai 9 procentu robežās. Tas ir pagaidām pārlicinošākais šāda veida mērījums objektiem ārpus

Pēdējie novērojumi ir svarīgs pretarguments alternatīvām gravitācijas teorijām, kuras paredz, ka gravitācijas ietekme uz laiktelpas deformāciju varētu būt atkarīga no attāluma. Tādā gadījumā gravitācijai starpgalaktiskos mērogos vajadzētu darboties citādi nekā tuvos attālumos, kā Saules sistēmā. Tomasa Koleta grupas veiktais pētījums rāda, ka vismaz līdz 6000 gaismas gadu attālumam gravitācijas likumi nav atkarīgi no mēroga.

“Visums ir pārsteidzoši interesants, arī dodot mums iespējas novērot gravitācijas lēcas, kuras kalpo kā kosmoloģiska mēroga fizikas laboratorijas,” secina Roberts Nikols no Portsmutas Universitātes. “Ir liels prieks izmantot pasaules labākos teleskopus, lai pārbaudītu Einšteina vienādojumus, un secināt, cik pareizi tie patiesībā ir.”

Gaisma ap mirušu zvaigzni

ATTĒLI ASTRONOMIEM ĻAUJ ATKLĀT GRŪTI PAMANĀMU MIRUŠU ZVAIGZNI,
KURU APSLĒPJ GĀZU STRĀVAS

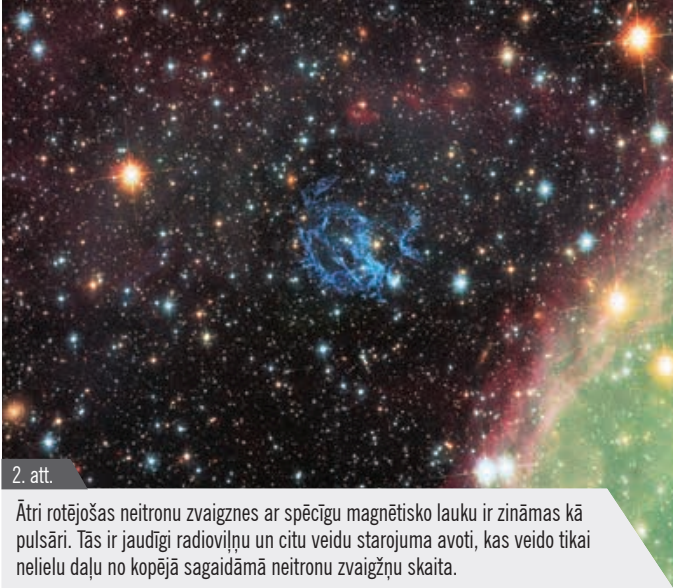
Jauni attēli no Eiropas Dienvidu observatorijas VLT (angl. – *Very Large Telescope*) teleskopa Čīlē sadarbībā ar citiem teleskopiem atklāj daudzveidīgu zvaigžņu ainavu un tumsā spīdošus gāzu mākoņus vienā no mums tuvākajām pundurgalaktikām – Mazajā Magelāna Mākonī. Šie attēli astronomiem ļāva atklāt grūti pamanāmu mirušu zvaigzni, kuru apslēpj gāzu strāvas, kas pirms 2000 gadiem ir izmestas pārnovas sprādzienā. VLT teleskopa MUSE spektrometrs ļāva identificēt šā grūti pamanāmā objekta atrašanās vietu, un Čandra rentgenstaru observatorija apstiprināja, ka objekts ir vientuļa neitronu zvaigzne.

Apvienojot no Zemes virsmas iegūtos attēlus ar kosmiskās rentgenstaru observatorijas mērījumiem [1], tika iegūti iespaidīgi attēli, kuri paver skatu uz masīvo, kompakto neitronu zvaigzni, kas slēpjas gāzu strāvu virpulī Mazajā Magelāna Mākonī aptuveni 200 000 gaismas gadu attālumā no Zemes.



1. att.

Apvieno datus no MUSE spektrometra, kas uzstādīts uz ESO VLT teleskopa Čīlē, NASA/ESA Hubble kosmiskā teleskopa un NASA Čandra rentgenstaru teleskopa.



2. att.

Ātri rotējošas neitronu zvaigznes ar spēcīgu magnētisko lauku ir zināmas kā pulsāri. Tās ir jaudīgi radioviļņu un citu veidu starojuma avoti, kas veido tikai nelielu daļu no kopējā sagaidāmā neitronu zvaigžņu skaita.



TEKSTS KŪRTS SVARCS

AVOTS: EIROPAS DIENVIDU OBSERVATORIJAS PRESERELIŽE NR. 1810, 2018. GADA 5. APRĪLIS

Jaunākie mērījumi, ko ESO pētnieka Frederika Fogta grupa ieguva ar MUSE spektrometru, izmantojot ESO VLT teleskopu Čīlē, parāda iespaidīgu gāzu gredzenu zvaigznes sistēmā, kas ir reģistrēta ar kodu 1E 0102.2-7219. Šis gāzu gredzens lēnām izplešas starp daudzām citām ātrām gāzu un putekļu plūsmām, kas ir izmestas pārnovas sprādzienā. Viņu atklājums pirmo reizi parāda atsevišķu neitronu zvaigzni ar salīdzinoši vāju magnētisko lauku, kura atrodas ārpus Piena Ceļa galaktikas.

Pētnieku komanda pamanīja, ka spīdošo gāzu gredzena centrā atrodas rentgenstaru avots, kas jau iepriekš bija reģistrēts ar kodu p1. Šā avota daba līdz šim nebija noskaidrota. Piemēram, nebija zināms, vai p1 atrodas pārnovas izmestajā gāzu mākonī vai tālāk par to. Tomēr neonu un skābekli saturošā gāzu gredzena novērojumi ar MUSE spektrometru pētnieku komandai ļāva secināt, ka neitronu zvaigzne p1 atrodas precīzi tā centrā. Šāda sakritība būtu pārāk neticama, tātad p1 vajadzētu atrasties pārnovas atlieku pašā vidū. Pēc p1

atraššanās vietas noskaidrošanas pētnieku komanda izmantoja šā objekta agrākos rentgenstaru novērojumus no Čandra rentgenstaru observatorijas, lai konstatētu, ka tā ir izolēta neitronu zvaigzne ar salīdzinoši vāju magnētisko lauku. Kā izteicās astronoms Frederiks Fogts: "Ja mēs meklējam punktveida astronomisko objektu, daba reizēm sadarbojas un ap to burtiski izveido gredzenu, lai mēs zinātu, kur skatīties."

Kad milzu zvaigznes uzsprāgst kā pārnovas, tās izmet mutuļainu gāzu un putekļu apvalku, ko dēvē par pārnovas atliekām. Šādas turbulentas gāzu un putekļu plūsmas veicina masīvās zvaigznēs radušos smago elementu izkliedi starpzvaigžņu vidē, kur tie galu galā veido jaunas zvaigznes un planētas.

Izolētas neitronu zvaigznes parasti tik tikko sasniedz 10 kilometru diametru, lai gan to masa pārsniedz Saules masu. Ja to magnētiskais lauks ir salīdzinoši vājš, tās ir grūti pamanīt citādi kā tikai rentgenstaru diapazonā, kaut arī to skaits Visumā ir ļoti liels. [2] Līdz ar to ir nozīmīgi, ka objektu p1 izdevās identificēt kā neitronu zvaigzni, pateicoties optiskajā diapazonā saskatāmajam gāzu gredzenam.

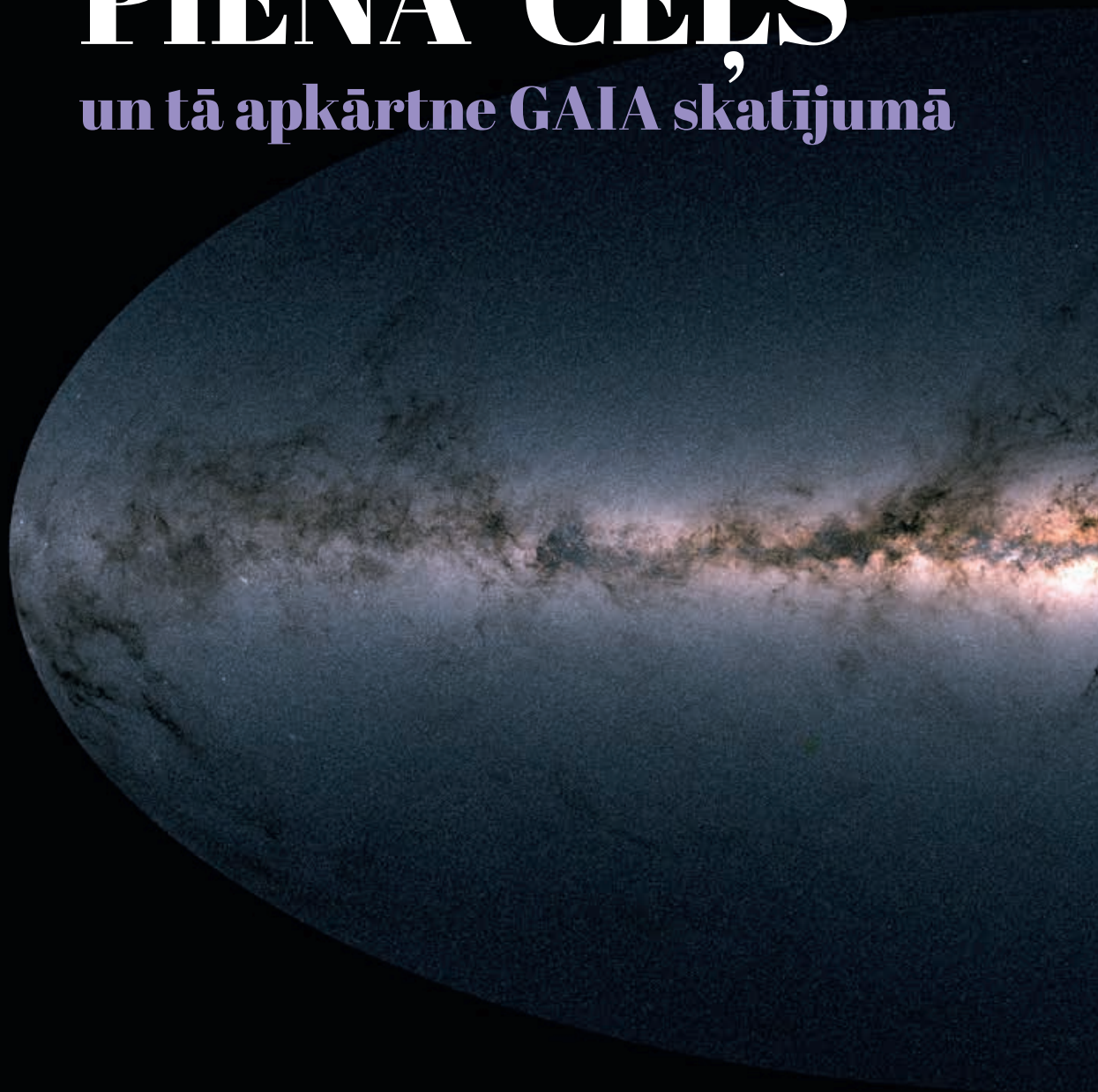
Pētījuma līdzautore Liza Bartleta, kas arī strādā ESO Čīlē, apkopo šā atklājuma jēgu: "Šis ir pirmais tāda veida objekts, kas ir atklāts ārpus Piena Ceļa galaktikas, un tas mums izdevās, pateicoties MUSE spektrometra datiem. Mēs domājam, ka līdz ar to esam pavēruši jaunu pieeju grūti pamanāmu mirušu zvaigžņu atklāšanā un pētišanā." 🌟



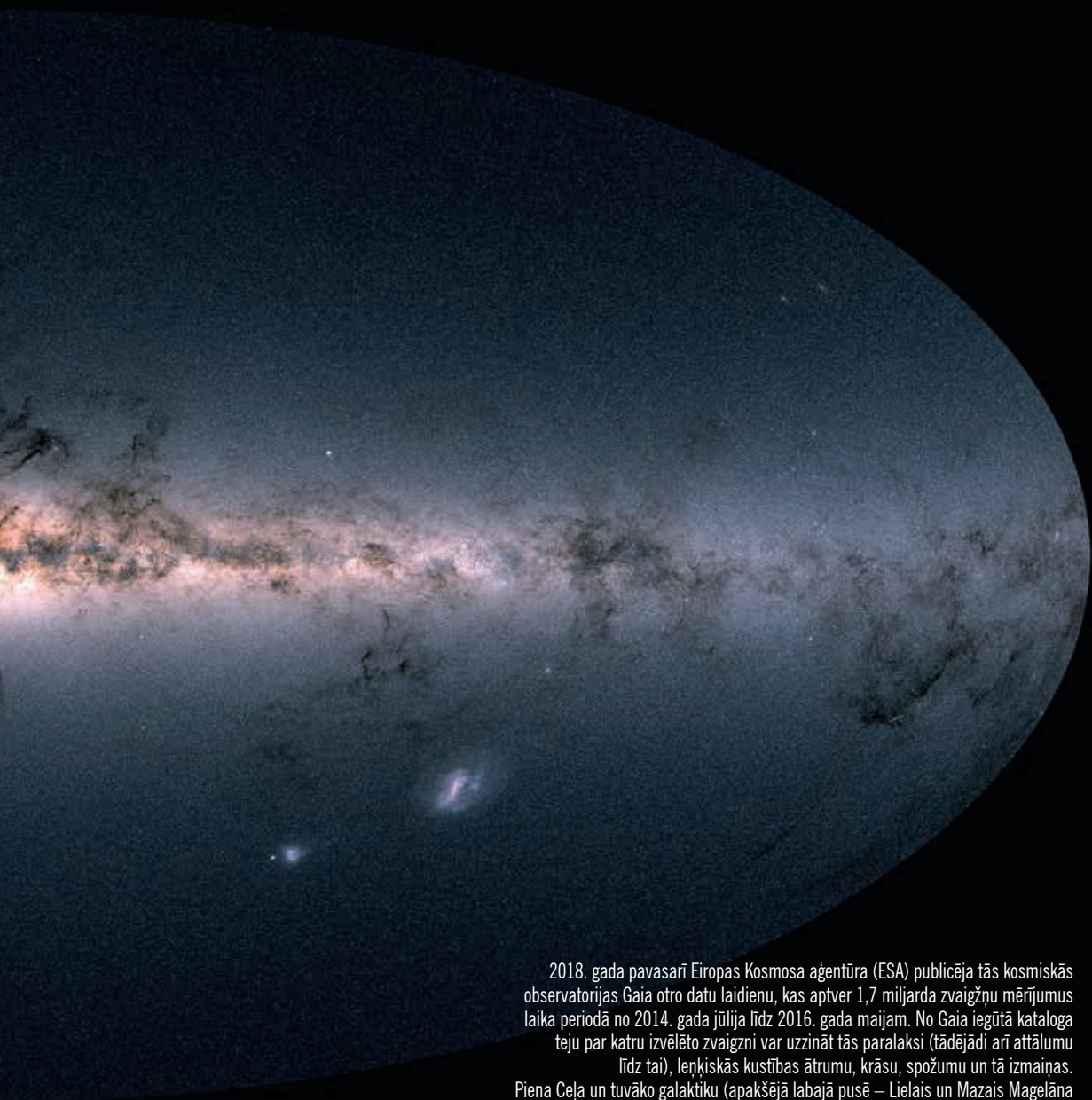
SAGATAVOJA MĀRTIŅŠ GILLS

PIENA CELŠ

un tā apkārtne GAIA skatījumā



KARTE PARĀDA EIROPAS KOSMOSA AĢENTŪRAS (ESA) PAVADOŅA NOVĒROTO ZVAIGŽŅU KOPĒJO SPOŽUMU UN KRĀSU KATRĀ DEBESS DAĻĀ



2018. gada pavasarī Eiropas Kosmosa aģentūra (ESA) publicēja tās kosmiskās observatorijas Gaia otro datu laidieni, kas aptver 1,7 miljarda zvaigžņu mērījumus laika periodā no 2014. gada jūlija līdz 2016. gada maijam. No Gaia iegūtā kataloga teju par katru izvēlēto zvaigzni var uzzināt tās paralaksi (tādējādi arī attālumu līdz tai), leņķiskās kustības ātrumu, krāsu, spožumu un tā izmaiņas. Piena Ceļa un tuvāko galaktiku (apakšējā labajā pusē – Lielais un Mazais Magelāna mākonis) apvienotais attēls iegūts no individuāliem zvaigžņu spožuma un krāsu mērījumiem. Augstas izšķirtspējas attēlu var aplūkot ESA tīmekļa resursos.
Avots: ESA/Gaia/DPAC

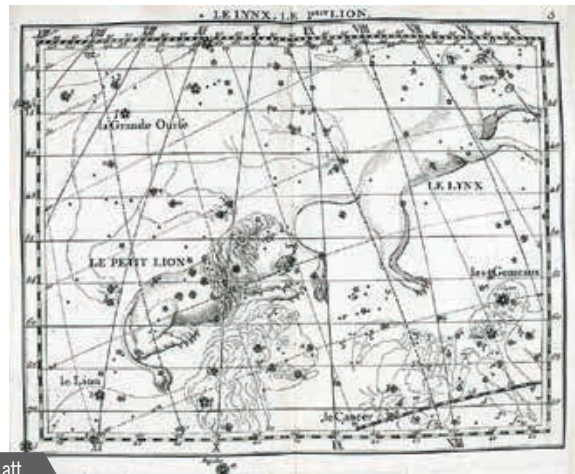
Zvaigznes atsedz Pienu Ceļa galaktikas struktūru

ZVAIGŽŅU UN GALAKTIKAS VECUMS

Gadu tūkstošiem *Homo sapiens* dzīvoja uz Zemes un zvaigznes izmantoja orientācijai, apgūstot ceļā no Āfrikas visus kontinentus. Senās civilizācijas Ēģiptē, Ķīnā un citur izmantoja planētu un zvaigžņu novērojumus kalendāriem, neizprotot šo objektu dabu. No pirmajām civilizācijām pagāja vairāk nekā pieci gadu tūkstoši, līdz Galileo Galilejs 17. gadsimta sākumā atklāja Jupitera pavadoņus un Pienu Ceļā zvaigznes, ko uzskatām par teleskopiskās astronomijas sākumu. Astronomiskie novērojumi ar teleskopiem 17. un 18. gadsimtā bija aktīvi, un novērojumus sāka apkopot zvaigžņu katalogos. Vienu no pirmajiem zvaigžņu katalogiem sastādīja Anglijas karaliskais astronoms un pirmais Griničas observatorijas direktors Džons Flemstīds (*John Flamsteed*, 1646–1719). Flemstīds bija

viens no aktīvākajiem Eiropas astronomiem. Viņš apkopoja datus par aptuveni 2800 zvaigznēm, kas novērojamas no Anglijas (1. att.). Viņš izstrādāja zvaigžņu nosaukumu sistēmu, tā sauktos Flemstīda numurus, kas joprojām tiek izmantota. Šī sistēma vispirms tika aprakstīta viņa darbā *Historia coelestis*

(*Britānijas debesu vēsture*), ko 1712. gadā publicēja Nūtons bez Flemstīda atļaujas. Pēc Flemstīda nāves angļu astronoms Edmonds Halejs (*Edmond Halley*, 1656–1742) 1725. gadā publicēja Flemstīda darba papildinātu izdevumu un 1729. gadā arī *Atlas Coelestis* (Debesu atlants) [1].



1. att.

Mazā Lauvas un Lūša zvaigznāju attēli no Karaliskā astronoma, Griničas observatorijas direktora Dž. Flemstīda (*John Flamsteed*) atlanta *Atlas Coelestis*, kas tika publicēts 1729. gadā. Atlantā ir 26 kartes, kas rokoko stilā attēlo lielākos zvaigznājus, kuri redzami no Griničas.



Mēs nevaram redzēt no malas Piena Ceļa galaktiku. Taču Andromedas galaktika uzskatāmi parāda, kā izskatās tipiska spirālveida galaktika.

Visprecīzāk izpētītie kosmiskie objekti ir mūsu Zeme, Saule un Saules sistēma. Zemes vecumu var samērā precīzi noteikt pēc radioaktīvo elementu sabrukšanas produktiem minerālos. Minerāli izveidojās Zemes evolūcijas sākumā, un to vecumu pielīdzina Zemes vecumam: $4,54 \pm 0,05$ mljrd. gadu. Mēness pēc tā iezu vecuma ir tikpat vecs: $4,53 \pm 0,01$ mljrd. gadu. Aptuveni tāds pats vecums pēc meteorītu radioaktīvās datēšanas ir arī citiem Saules sistēmas objektiem.

Visu pārējo objektu – zvaigžņu un galaktiku – vecumu noteikt ir grūtāk. Šajā jomā būtisku ieguldījumu deva orbitālie teleskopi. Nesen ar Planka orbitālo teleskopu

LAI IZPRASTU GALAKTIKU RAŠANOS UN EVOLŪCIJU, NEPIECIEŠAMI DATI PAR ZVAIGŽŅU VECUMA SADALĪJUMU DAŽĀDĀS GALAKTIKĀS.

veikti novērojumi, kas Λ -CMD modeļa ietvaros pēc reliktā starojums mērījumiem noteica tā vecumu pēc Lielā Sprādziena: $13,80 \pm 0,04$ mljrd. gadu [ZvD, 2014, Vasara (224), 3.–11. lpp.] [2]. Salīdzinot ar Visumu, Saule un Saules sistēma ($\sim 4,6$ mljrd. gadu) ir samērā jauni objekti mūsu Piena Ceļa galaktikā.

Astronomu pētījumi patlaban aptver Visuma struktūras dažādos attālumos no Zemes.

Jo tālāka ir galaktika (lielāka sarkanā nobīde), jo agrākā Visuma evolūcijas posmā tā ir izveidojusies. Jaunākie novērojumi aptver galaktikas ar sarkano nobīdi $z \geq 7,5$, kas atbilst Visuma evolūcijas posmam pirms aptuveni 13 mljrd. gadu [ZvD, 2017/18, Ziema (238), 3.–12. lpp.]. Lai izprastu galaktiku rašanos un evolūciju, nepieciešami dati par zvaigžņu vecuma sadalījumu dažādās galaktikās.



Zvaigžņu vecumu novērtē pēc kodolreakciju produktu koncentrācijas. Kodoltermiskajās reakcijās no ūdeņraža (H) un hēlija (He) kodoliem rodas smagāko elementu kodoli (C, N, O, Al, Si u. c.) līdz dzelzs (Fe) atoma kodoliem (smagāki elementi par Fe rodas zvaigžņu sprādzienos, un to koncentrācija Visumā ir daudz zemāka). Jo vecāka ir zvaigzne, jo lielāka ir dažādo smago elementu koncentrācija tās kodolā. Astronomijā aplūko visu smagāko par hēliju elementu summāro masas daļu Z , ko sauc par metāliskumu (Saulei $Z_{\text{Saule}} = 0,0134$), un tālāk izmanto relatīvas vienības, t. i., salīdzina pētāmās zvaigznes dzelzs atomu relatīvo koncentrāciju ar Saules dzelzs atomu relatīvo koncentrāciju (Saulei dzelzs atomu relatīvā koncentrācija ir $N_{\text{Fe}}/N_{\text{H}} = 0,0032\%$, dzelzs masas daļa $C_{\text{Fe}} = 0,14\%$). Šīs relatīvās vienības logaritmu apzīmē ar

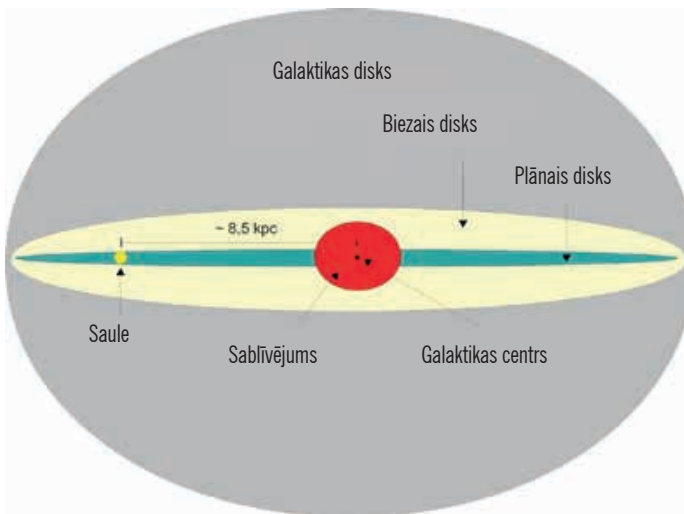
$[Fe/H] = \lg(N_{\text{Fe}}/N_{\text{H}})$ zvaigžnei – $\lg(N_{\text{Fe}}/N_{\text{H}})$ Saulei. Metāliskums atspoguļo smago elementu daudzumu uz zvaigznes fotosfēras (redzamās virsmas) un atkarīgs gan no zvaigznes sākumsastāva, gan no tās evolūcijas (t. i., vai smagie elementi, kas rodas tās dzīlēs, sasniedz zvaigznes virsmu vai paliek kodolā). Tā kā Saules smago elementu koncentrāciju pieņem par izejas punktu, tad zvaigznēm ar mazāku metāliskumu parametrs $[Fe/H]$ ir negatīvs. Zvaigžņu metāliskums vislabāk ir pētīts Piena Ceļa galaktikā.

Zvaigžņu evolūciju galaktikās vācu astronoms Valters Bāde (*Walter Baade*, 1893–1960) 1944. gadā aprakstīja ar divām paaudzēm – populācijām I, II. Populācijas I zvaigznes radās vēlākā evolūcijas posmā un ir bagātīgākas ar metāliem. Populācijas II radās agrākā evolūcijas posmā, un

tām ir zemāka metālu koncentrācija (zemāks metāliskums). Zvaigžņu veidošanās novērojumi parādīja, ka Visuma struktūra un starpzvaigžņu miglāji evolūcijas procesā izmainījās un visvecākajām zvaigznēm sākotnējie procesi bija atšķirīgi. Lai tos raksturotu, astronomijā papildus ieviesa trešo – visvecāko zvaigžņu – populāciju III – Pop III. Trešās populācijas zvaigznes veidojās no primārās Visuma gāzes, kas sastāvēja no ūdeņraža, hēlija ar ļoti mazu litija un berilija koncentrāciju. Uzskata, ka pirmajām zvaigznēm bija īsāks dzīves laiks un daļa no tām sabruka īpašā supernovas tipā – pāru nestabilitātes pārnovā. Turpmākajā evolūcijā Visuma starpzvaigžņu plazma (jonizētā gāze) papildinājās ar zvaigžņu kodoltermisko reakciju produktiem. Kaut gan šo produktu koncentrācija ir niecīga, tie ietekmēja nākamo paaudžu (Pop II, Pop I) zvaigžņu evolūciju.

PIENA CEĻA GALAKTIKAS VECĀKĀS ZVAIGZNES

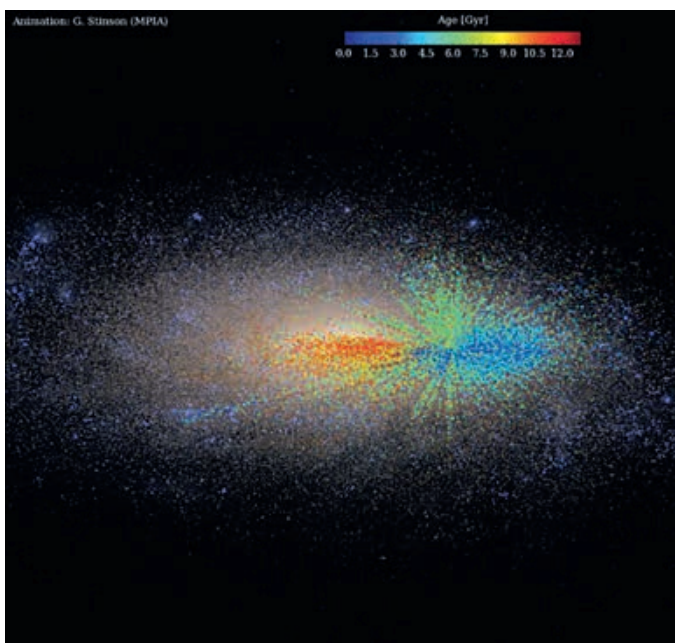
Piena Ceļa galaktika kopš Galileja atklājuma 1609. gadā joprojām ir astronomu uzmanības centrā, un katru gadu mūsu Galaktikā tiek atklāti jauni noslēpumi (I. Pundure, *ZvD*, 2018, Pavasaris (239), 10.–11. lpp.). Pirmos priekšstatus par Piena Ceļa galaktiku Anglijas karaliskās biedrības rakstos, tā laika vadošā zinātniskā izdevumā, jau 1785. gadā publicēja slavenais astronoms V. Heršels (*William Herschel*, 1738–1822).



2. att.

Piena Ceļa galaktikas vienkāršota uzbūves shēma. Saule atrodas aptuveni 8,5 kpc attālumā no centra.

Viņš pirmais nojauta, ka mūsu Galaktika ir diskveida zvaigžņu sistēma (2. att.), kuras izmērus tikai 1919. gadā novērtēja amerikāņu astronoms H. Šeplijs (*Harlow Shapley*, 1885–1972, sk. *ZvD*, 2014, Vasara (224), 3.–11. lpp.). Viena no aktuālām Piena Ceļa galaktikas problēmām ir tās evolūcija. Tās noskaidrošanai ir nepieciešama zvaigžņu vecuma analīze un zvaigžņu blīvuma topogrāfija Galaktikā. Zvaigžņu evolūcija no rašanās līdz nobeigumam ir atkarīga no zvaigžņu masas un ilgst no 3 milj. līdz simtiem mljrd. gadu (*ZvD*, 2015, Rudens (229), 3.–9. lpp.). Mūsu Saule evolūcijas procesā aptuveni 11–12 miljardu gadu vecumā pārvērsies sarkanā milzī. Zvaigžņu evolūcijas nobeigums ir atkarīgs no tās masas – beigās zvaigzne pārvēršas baltā pundurī, neitronu zvaigznē vai melnā caurumā.



3. att.

Sarkano milžu vecuma sadalījums (datarsimulācija) Piena Ceļa tipa galaktikai: vecākās zvaigznes sarkanā krāsā; vidēja vecuma – zaļā; jaunākās – zilā. Augšēja krāsu skala dota miljardos gadu (*Gyr*). Datarsimulācija aptver apgabalu no centra ar rādiusu 65 000 ly [4].

GALAKTIKAS CENTRĀ ATRODAS VECĀKĀS ZVAIGZNES, JAUNĀKĀS IR LOKĀLIZĒTAS PERIFĒRIJĀ. TAS APSTIPRINA ESOŠOS GALAKTIKAS EVOLŪCIJAS MODEĻUS.

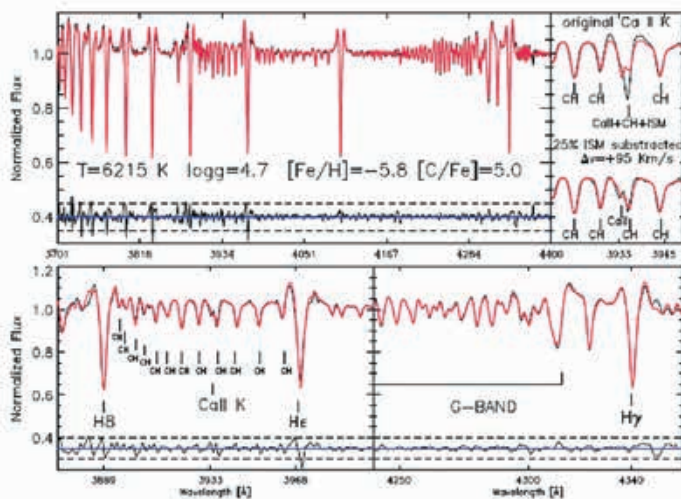
No tā var secināt, ka sarkanie milži ir zvaigžņu evolūcijas vēlākie produkti, ko arī novēro Latvijas astronomi starptautiskās astronomijas programmās.

Piena Ceļa galaktika ir spirālveida galaktika ar diskveida struktūru, ap kuru ir daudz plašāks galaktikas halo (2. att.) [3]. Piena Ceļa galaktika jau daudzus gadus ir Heidelbergas Maksas Planka Astronomijas institūta pētījumu objekts

[4]. Izmantojot datus no starptautiskās programmas *Apache Point Observatory Galactic Evolution Experiment (APOGEE)* un NASA Keplera orbitālo teleskopu, šā institūta līdzstrādnieces *Melissa Ness* vadībā izstrādāja jaunas spektroskopiskās metodes, kā noteikt sarkano milžu vecumu. Datoru apstrāde deva iespēju no 100 000 novērotu sarkano milžu izveidot jaunu mūsu Piena Ceļa galaktikas vecuma

karti (3. att.). Zvaigžņu vecuma sadalījums parāda, kur mūsu Galaktikā atrodami dažāda vecuma sarkanie milži. Karte atspoguļo centrālo Galaktikas apgabalu ar rādiusu 65 000 gaismas gadi (Piena Ceļa galaktikas diska diametrs ir ap 100 000 un Galaktikas halo lielāks par 160 000 gaismas gadiem) [3, 4]. Attēla dažādās krāsas punkti atbilst dažāda vecuma zvaigznēm: vecākām – sarkanie, vidēja vecuma zvaigznēm – zaļie, jaunākajām – zilie.

Galaktikas centrā atrodas vecākās zvaigznes, jaunākās ir lokalizētas perifērijā. Tas apstiprina esošos modeļus par Galaktikas evolūciju.



4. att.

Vidējas izšķirtspējas integrētās spektroskopijas spektrs (OSIRIS) zvaigznei J0815+4729 (melnā līnija) un vislabākā atbilstība FERRE programmai (sarkanā līnija). Augšējā labajā pusē redzams Ca II spektrs K līnijas tuvumā (augšā) un tajā pašā apgabalā (apakšā) korigētais spektrs (ISM subtracted). Simboli K (tuvais ultravioletais diapazons) un G (zilais redzamais diapazons) saistās ar Fraunhoferā spektrālo līniju apzīmējumiem, kas tiek izmantoti spektru kvalitatīvam aprakstam. H γ = 434,047 nm ir ūdeņraža atoma Balmera sērijas līnija [5].

Šie modeļi prognozē, ka zvaigžņu veidošanās sākās Galaktikas diska centrā, kur arī patlaban novērots lielāks zvaigžņu blīvums un vecākas zvaigznes. Turpmākajā evolūcijā zvaigznes veidojās no centra uz perifēriju, kur tagad novērojamas zvaigznes ar mazāku vecumu (3. att.).

Jaunos atklājumus par Galaktikas vecākām zvaigznēm nesēn publicēja spāņu astronomu grupa David Aguado vadībā, izmantojot ESO ļoti lielā teleskopa VLT FLAMES/UVES spektrogrāfu [5]. Grupa analizēja zvaigžņu metāliskumu zvaigznei J0815+4729 Lūša zvaigznajā (1. att.) 7500 gaismas gadi attālumā no Saules.

Zvaigznes masa ir apmēram 0,7 no Saules masas, un tā ir galvenās secības zvaigzne. Zvaigznei J0815+4729 ir ārkārtīgi maza dzelzs koncentrācija un oglekļa pārpalīkums, kas liecina par tās lielo vecumu (ZvD, 2017, Pavasaris (235), 3.–9. lpp.).

Zvaigznes J0815+4729 ķīmisko sastāvu analizēja ar ISIS spektrogrāfu Viljama Heršela teleskopā un ar OSIRIS (Optical System for Imaging and low/intermediate-Resolution Integrated Spectroscopy) spektrogrāfu Gran Telescopio Canarias (GTC), kas abi atrodas La Palmā, Kanāriju salās, Spānijā. Teleskops atrodas uz vulkāna virsotnes 2400 metru virs

jūras līmeņa, kas samazina atmosfēras absorbcijas iespaidu uz novērojumiem. Spektroskopiskā analīze parādīja, ka J0815+4729 sastāvā ir aptuveni miljons reižu mazāk kalcija un dzelzs nekā Saulē. Tikai agrīnām zvaigznēm var būt tik zema metālu koncentrācija (4. att.). Negaidīts rezultāts bija salīdzinoši lielā oglekļa koncentrācija – par 15% lielāka nekā Saulei. Autori uzskata, ka tas raksturīgs zvaigžņu evolūcijai agrīnā Visumā aptuveni 300 milj. gadu pēc Lielā Sprādziena. Astronomi plāno novērot zvaigznes ar lielākas izšķirtspējas teleskopiem [5, 11].

ZVAIGZNES AR LIELU ĀTRUMU UN PIENA CEĻA GALAKTIKAS MASA

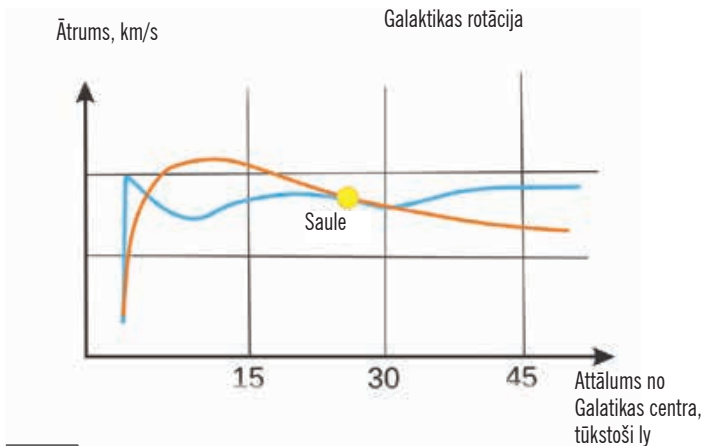
Zvaigžņu skaits un masa ir Piena Ceļa galaktikas svarīgākie parametri, kurus astronomi pēta jau daudzus gadus desmitus. Galaktikas masu novērtē pēc zvaigžņu un zvaigžņu kopu rotācijas ātruma. Zvaigžņu un zvaigžņu kopas rotācijas ātrumi galaktikā mainās atkarībā no attāluma, un to izmanto, lai noteiktu galaktikas masu (M_c) (5. att.) [3]. Mūsu Saules un Saules sistēmas rotācijas ātrums ap Galaktikas centru atbilst periodam 225 miljoni gadu, ko astronomija apzīmē par galaktisko gadu. Pietiekami mazam Galaktikas objektam ar nezināmu masu (M_0), izmērot orbitālo ātrumu (v) un attālumu no Galaktikas centra (R), pēc Ūtona gravitācijas likuma var novērtēt Galaktikas masu (M_c) dotajā Galaktikas tilpumā.

Uz riņķveida orbītas ap Galaktikas centru gravitācijas pievilkšanās spēks $F_{grav} = G \times M_0 \times M_G / R^2$ tiek kompensēts ar centrālās spēku $F_{cb} = M_0 v^2 / R$, no kā var izteikt Galaktikas masu kā $M_G = v^2 R / G$ (gravitācijas konstante $G = 6,6724 \times 10^{-11} \text{ m}^3 / (\text{kg}) \times$ Gravitācijas likums šajā formā apraksta punktveida vai centrāli simetriskos objektus, kas lietojami zvaigznēm, bet ne Galaktikai kā veselai sarežģītai sistēmai. Tomēr procesu aprakstam šis tuvinājums ir korekts un labi ilustrē šo metodi.

Objekta M_0 orbitālais ātrums v tiek noteikts pēc Doplera efekta novērojumiem. Novērojot dažādus Galaktikas objektus (zvaigznes, zvaigžņu kopas) dažādos attālumos no centra, var novērtēt Galaktikas masas sadalījumu atkarībā no rādiusa [3]. Beidzamos gados šiem novērtējumiem izmanto arī Galaktikas zvaigznes ar ļoti lielu ātrumu (*hypervelocity stars, HVS*), kas aptver lielākus Galaktikas rādiusus.

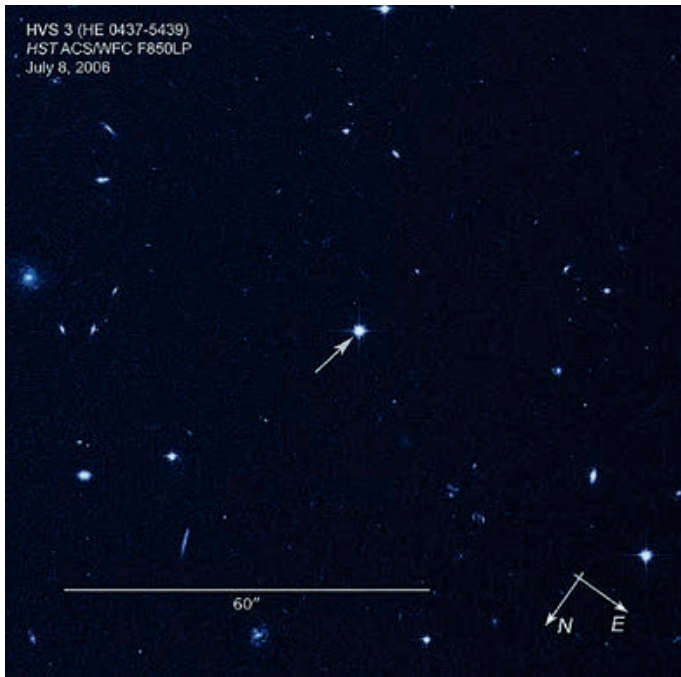
Šādas *HVS* amerikāņu astronoms, Losalamosas Nacionālās laboratorijas līdzstrādnieks Dž. Hills (*Jack Hills*) teorētiski aprakstīja un prognozēja jau 1988. gadā [6]. Būtiskais šim zvaigznēm ir lielais ātrums, kas pārvar gravitācijas mijiedarbību ar Galaktiku, un zvaigzne var to atstāt [6].

Pirmo šādu *HVS* zvaigzni Piena Ceļa galaktikā 2005. gadā atklāja amerikāņu astronoms *Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (CfA)*



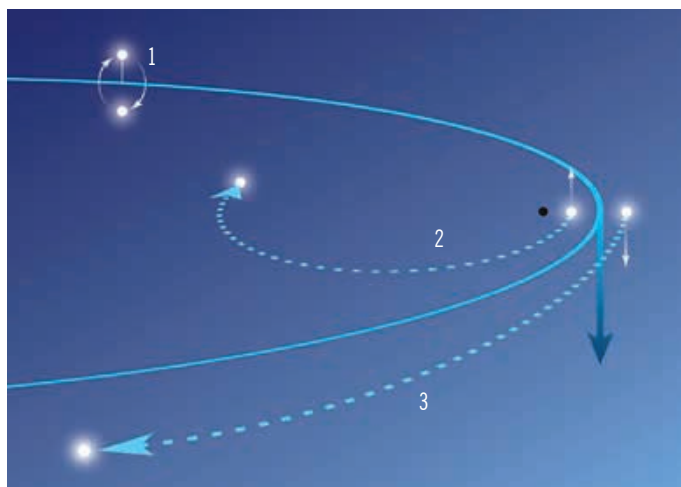
5. att.

Piena Ceļa galaktikas objektu rotācijas ātrumi atkarībā no attāluma no Galaktikas centra. Saule 28 000 ly attālumā no centra 225 miljonus gadu apriņķo Galaktikas centru. Zilā līnija – novērojumu dati. Sarkanā līnija – teorētiskā līkne bez tumšās matērijas ietekmes. Attēla avots: WOTP, CC SA 3.0



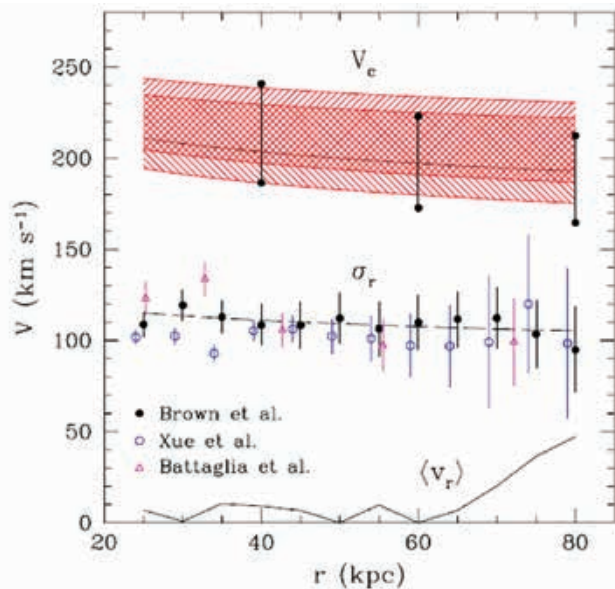
6. att.

V. Brauns 2005. gadā Piena Ceļa galaktikas halo atklāja pirmo *HVS* SDSS J090745.0+024507 zvaigzni (bultiņa), kas ar radiālo ātrumu $853 \pm 12 \text{ km/s}$ kustas Lielā Magelāna Mākoņa virzienā. Tas bija lielākais līdz šim novērotais zvaigznes ātrums mūsu Galaktikā. Attēlā redzama cita *HVS* zvaigzne Nr. 3 (bultiņa), kas arī atklāta 2005. gadā.



7. att.

Amerikāņu astronoma Dž. Hilla trīs ķermeņu mehānisms HVS zvaigznes veidošanā: no dubultzvaigznes (1) gravitācijas mijiedarbībā masīvais melnais caurums (2) satver vienu komponenti, un pēc impulsa saglabāšanas likuma otrā dubultzvaigznes komponente iegūst lielu ātrumu (3) un pārvēršas HVS zvaigznē, kas laika gaitā atstāj Galaktiku [6, 8]



8. att.

Piena Ceļa galaktikas masas novērtējums pēc HVS zvaigžņu rotācijas ātruma V_c (angl.: *circular velocity* (pirmais kosmiskais ātrums) – melnā līnija) un radiālā ātruma dispersijas σ_r no novērojumiem pie attālumiem (rādiusa) 40, 60 un 80 kpc (260 000 gg) no Galaktikas centra. Attēlā parādīti kļūdu intervālu lielumi V_c un σ_r . Galaktikas masa attālumā 80 kpc ir $M_6 = 6,9 \times 10^{11} M_\odot$ ar kļūdu intervāliem $(+3,0 \text{ un } -1,2) \times 10^{11} M_\odot$ ($M_\odot = 1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$ ir Saules masa). [9].

Teleskopu datu centra direktors V. Brauns (*Warren Brown*) [7, 8]. Ar Eiropas Dienvidu observatorijas 8,2 m teleskopu drīz tika atklāta vēl viena HVS zvaigzne, HVS3 (HE 0437-5439), un tā bija B tipa jauna zvaigzne Zelta Zivs zvaigznājā (vecums ap 30 milj. gadu) un masu ap deviņām Saules masām. HVS3 tika izsviesta no Galaktikas centra ar ātrumu $853 \pm 12 \text{ km/s}$, kas vismaz divas reizes pārsniedz Galaktikas zvaigžņu orbitālās kustības ātrumu attālumā ap 100 kpc (6. att.) [7].

HVS rašanās mehānisms, pēc Hilla un Brauna, ir raksturīgs dubultzvaigznēm, kuras ir mijiedarbībā ar centrālo melno caurumu (7. att.) [6]. Šo mehānismu sauc par triju ķermeņu mehānismu: gravitācijas mijiedarbībā centrālais melnais caurums (M_{BH}) satver vienu no dubultzvaigznes komponentēm, pēc impulsa saglabāšanās likuma otra komponente iegūst lielu ātrumu un pārvēršas HVS. Šāds mehānisms ir universāls un var notikt jebkurā galaktikā. Tikai "Piena Ceļa milzīgā melnā cauruma spēcīgā gravitācija varēja novirzīt HVS zvaigzni ar pietiekamu ātrumu, lai tā izietu no mūsu Galaktikas," paskaidroja Brauns [8].

Brauns uzsver, ka HVS zvaigznes var arī izmantot, lai noteiktu Piena Ceļa galaktikas masu un izmērus [8]. Kaut gan Piena Ceļa galaktikas masu un zvaigžņu skaitu novērtē jau kopš pagājušā gadsimta, tā joprojām ir aktuāla problēma. Beidzamo gadu novērtējumi Piena Ceļa galaktikas masai

dod intervālu no $(0,5-2,0) \times 10^{12}$ Saules masas ($M_{\odot} = 1,99 \times 10^{30}$ kg) [8]. Novērojumi aptver dažādus Galaktikas rādījumus (sfēras) un dažādu zvaigžņu blīvuma sadalījumu. Izmantojot HVS zvaigznes, kas atrodas tālāk no Galaktikas centra un ietver tālākus halo slāņus, var iegūt pilnīgāku Piena Ceļa galaktikas raksturojumu. Nesen amerikāņu astronomu grupa Mičiganas Universitātes profesora Oļega Gnedina vadībā noteica Piena Ceļa galaktikas izmērus un masu pēc jaunākiem novērojumiem [9]. O. Gnedins beidzis Sanktpēterburgas Valsts Tehnisko universitāti, aizstāvējis doktora disertāciju (*PhD*) Prinstonas Universitātē un ir viens no vadošajiem amerikāņu zinātniekiem galaktiku pētījumos. Grupa izmantoja HVS zvaigznes, lai noteiktu Piena Ceļa galaktikas masu 80 kpc (260 000 gg) rādiusā (8. att.). Šis rādiuss ir lielāks par līdzšinējiem novērojumiem. Attēlā parādīti ātruma dispersijas profili trim HVS zvaigžņu kataloga attālumu reģioniem. Novērojumu rezultāti dod mazu izkliedi un parāda nelielu ātrumu dispersiju atkarībā no attāluma (rādiusa). O. Gnedina grupa novērtēja Piena Ceļa galaktikas masu 260 000 gaismas gadu rādiusā $M_G = 6,9 \times 10^{11} M_{\odot}$ ar kļūdu intervālu $+3,0 \times 10^{11}$ un $-1,2 \times 10^{11}$ Saules masas [9].

DISKUSIJA, KAS IEGĀJUSI VĒSTURĒ

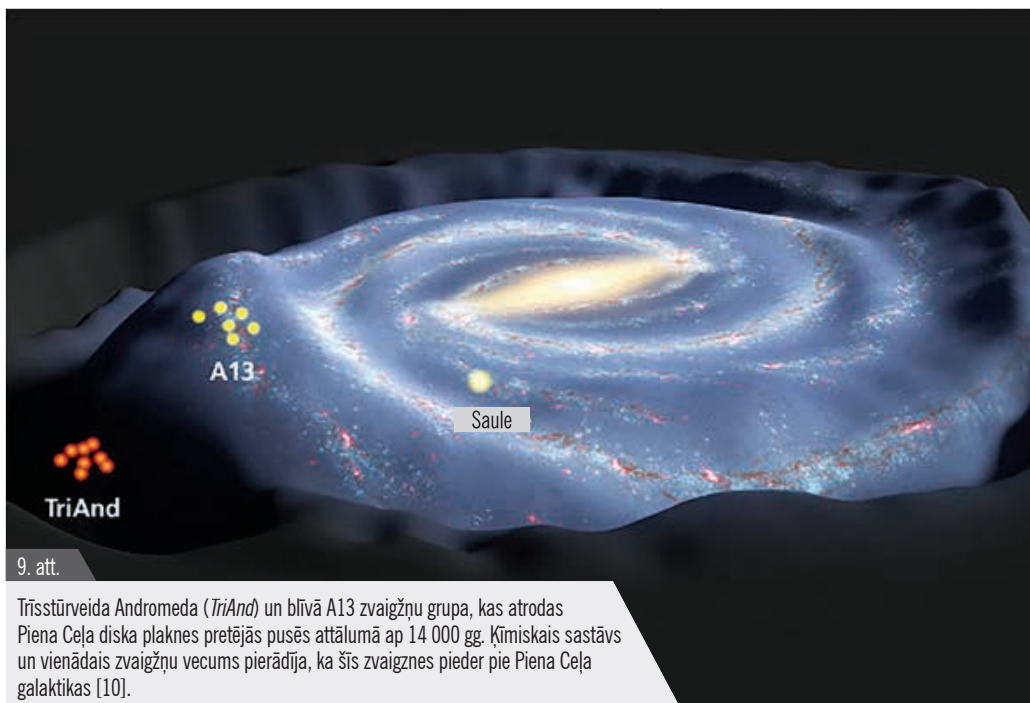
Maksa Planka Astronomijas institūts Heidelbergā jau daudzus gadus veic galaktiku pētījumus NASA

starptautisko programmu un Vācijas Pētniecības fonda (*DFG*) ietvaros. Nesen institūta astronomu grupa starptautiskā programmā M. Bergermana (*Maria Bergermann*) vadībā publicēja rezultātus par Trīsstūrveida Andromedas (*TriAnd*) un A13 zvaigžņu grupas īpašībām [10]. Novērojumos piedalījās astronomi no deviņām universitātēm un observatorijām, to skaitā Kalifornijas Tehnoloģiskā institūta, Kolumbijas Universitātes (ASV), Oksfordas (Anglija) un Austrālijas Nacionālās universitātes. Astronomi novēroja 14 zvaigznes *TriAnd* un blīvā A13 zvaigžņu grupā, kas atrodas Galaktikas diska plaknes pretējās pusēs attālumā ap 14 000 gaismas gadiem (9. att.). Novērojumu mērķis bija noskaidrot šo zvaigžņu grupas īpašības un izcelšanos. Piena Ceļa galaktikā ir dažāda vecuma zvaigznes, turklāt vecākās ir veidojušās dažus simtus miljonu gadu pēc Lielā Sprādziena (3. att.). Piena Ceļa galaktika savā ilggājā evolūcijas procesā ir mijiedarbībā ar savu kosmisko apkārtni un tuvākām galaktikām. Šajā mijiedarbībā Piena Ceļa galaktikas halo var būt arī zvaigznes no citām galaktikām [3, 10]. Lai noskaidrotu *TriAnd* un A13 zvaigžņu grupas īpašības, Bergermana grupa detalizēti izpētīja šo zvaigžņu ķīmisko sastāvu, izmantojot augstas izšķirtspējas spektroskopiju ar *Keck* un *ESO VLT* teleskopiem. Novērojumi viennozīmīgi pierādīja, ka abu grupu ķīmiskais sastāvs ir vienāds un ļoti līdzīgs Galaktikas diska centrālajām zvaigznēm.

Literatūra



- [1] *Flamsteed, J.* – Atlas Coelestis, 1729.
- [2] *Ade, P. A. R.; et al.* Planck 2015 results. XIII. Cosmological parameters. – *A&A*, June 20, 2016, 594, id. A13, 63 pp.; arXiv:1502.01589v3 [astro-ph.CO].
- [3] *Rix, H. W.; Bovy, J.* The Milky Way's Stellar Disk. – *A&A Rev.*, 2013, 21, 1-58; arXiv:1301.3168v1 [astro-ph.GA]
- [4] *Ness, M.; et al.* The Cannon: A data-driven approach to stellar label determination. – *ApJ*, 808, id. 16, 21 pp., 2015.
- [5] *Aguado, D. S.; et al.* J0815+4729: A Chemically Primitive Dwarf Star in the Galactic Halo Observed with Gran Telescopio Canarias. – *ApJL*, 852, id. L20, 6 p., 2018.
- [6] *Hills, J. G.* Hyper-velocity and tidal stars from binaries disrupted by a massive Galactic black hole. – *Nature*, 331, 687–689, 1988.
- [7] *Brown, W. R.; et al.* Discovery of an Unbound Hypervelocity Star in the Milky Way Halo. – *ApJ*, 622, L33–L36, 2005.
- [8] *Brown, W. R.* Hypervelocity Stars. – *Annual Review of Astronomy & Astrophysics*, 53, 15–49, 2015.
- [9] *Gnedin, O. Y.; et al.* The Mass Profile of the Galaxy to 80 kpc. – *ApJL*, 720 (1), L108–L112, 2010.
- [10] *Bergemann, M.; et al.* Two chemically similar stellar overdensities on opposite sides of the plane of the Galactic disk. – *Nature*, 555, is. 7696, 334–337, 2018.
- [11] *Aguado, D. S.; et al.* New ultra metal-poor stars from SDSS: follow-up GTC medium-resolution spectroscopy. – *A&A*, 604, id. A9, 7 p., 2017.



9. att.

Trīsstūrveida Andromeda (*TriAnd*) un blīvā A13 zvaigžņu grupa, kas atrodas Piena Ceļa diska plaknes pretējās pusēs attālumā ap 14 000 gg. Ķīmiskais sastāvs un vienāda zvaigžņu vecums pierādīja, ka šīs zvaigznes pieder pie Piena Ceļa galaktikas [10].

Šī ķīmiskā sastāva līdzība ir pierādījums, ka šīs zvaigznes sākotnēji bijušas Galaktikas diskā. Šīs zvaigznes migrēja no diska uz perifēriju, domājams, mijiedarbībā ar pavadņagalaktikām. Bergermana grupa šo zvaigžņu migrēšanu izskaidro ar Galaktikas diska vibrāciju (svārstībām), kas notiek mijiedarbībā ar pavadņagalaktikām. Bergermans atzīmē: “Šie rezultāti rāda, ka Piena Ceļa struktūra un dinamika, iespējams, ir daudz sarežģītāka, nekā līdz šim domāts.” [10]

PIENA CEĻA GALAKTIKAS NOSLĒPUMI

Piena Ceļa galaktika pagājušā gadsimta sākumā izraisīja neparastu diskusiju par Visuma izmēriem un struktūru. 1915. gadā amerikāņu astronoms H. Šeplijs formulēja *Big Galaxy Hypothesis*

(Lielās Galaktikas hipotēze). Saskaņā ar to Piena Ceļš ir vienīgā galaktika Visumā, un iepriekš novērotie kosmiskie objekti (galaktikas un miglāji) ietilpst Piena Ceļā, kas ir vienīgā Visuma struktūra. Šis kļūdainais Šeplija uzskats radās no nepareiziem izmēru un

Šeplijam, 1923. gadā pabeidza slavenais amerikāņu astronoms Edvīns Habls ar saviem precīziem attāluma mērījumiem līdz apkārtējām galaktikām un Visuma izplešanās atklājumu. Var piekrist populārajam angļu filozofam F. Bēkonam (*Francis Bacon*, 1561–1626), kas jau

”
MĒS NEDRĪKSTAM SAŠAURINĀT
VISUMU, LAI TO PIELĀGOTU MŪSU IZTĒLES
ROBEŽĀM. DRĪZĀK MUMS IR JĀPAPLAŠINA
SAVAS ZINĀŠANAS, LAI TĀ VARĒTU
UZTVERT VISUMA PLAŠUMUS.

attālumu novērtējumiem līdz Mazajam Magelāna Mākonim un Andromedas Miglājam. Šeplija diskusiju par Visuma uzību ar amerikāņu astronomu H. Kurtisu (*Heber Doust Curtis*, 1872–1942), kas oponenta

renesanses laikmetā par Visumu rakstīja: “Mēs nedrīkstam sašaurināt Visumu, lai to pielāgotu mūsu iztēles robežām. Drīzāk mums ir jāpaplašina savas zināšanas, lai tā varētu uztvert Visuma plašumus.”

ABONĒ ŽURNĀLU ZVAIGŽNOTĀ DEBESS 2019. GADAM

UN ARĪ TURPMĀK UZZINI PAR
JAUNĀKAJIEM ATKLĀJUMIEM ASTRONOMIJĀ!



ABONĒ LATVIJAS PASTA NODALĀS VAI INTERNETĀ: PASTS.LV
INDEKSS ABONĒŠANAI LATVIJAS PASTĀ: 2214

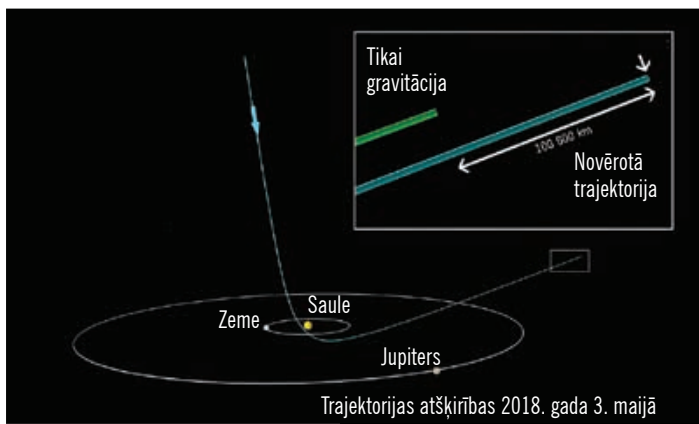
ŽURNĀLS IZNĀK ČETRAS REIZES GADĀ: MARTĀ, JŪNIJĀ, SEPTEMBRĪ, DECEMBRĪ

Cena 2019. gada abonementam 9,00 eiro

Omuamua ir pirmais starpzvaigžņu telpas objekts, kas atklāts Saules sistēmā un šobrīd no Saules attālinās ātrāk, nekā "paredzēts". *Omuamua* atklāja *Pan-STARRS* teleskopu sistēma Haleakalas observatorijā Havaju salās. Tā nosaukums havajiešu valodā nozīmē "vēstnesis no tālienes, kas ieradies pirmais". Tas atspoguļo to, ka runa ir par pirmo atklāto starpzvaigžņu telpas ķermeni, kas ieradies Saules sistēmā no tālienes.

Šo neparasto *Omuamua* uzvedību – tas attālinās ātrāk, nekā paredzēts, – konstatēja starptautiska astronomu grupa, izmantojot datus no NASA/ESA Habla kosmiskā teleskopa, Kanādas-Francijas-Havaju teleskopa, ESO ļoti lielā teleskopa VLT (*Very Large Telescope*) Čīlē un Gemini Dienvidu teleskopa. Jauniegūtie un neseno apkopotie novērojumu rezultāti liecina par to, ka *Omuamua* visdrīzāk ir komēta no starpzvaigžņu telpas, nevis asteroīds, kā sākotnēji tika uzskatīts. Konkrēti, analizējot datus, konstatēts, ka *Omuamua* attālinās ātrāk, nekā tika prognozēts. Te jāpiebilst, ka Saules gravitācijas ietekmē *Omuamua* jāpalēninās savā "skrējienā", bet šis palēninājums ir par mata tiesu mazāks, nekā nosaka debess mehānikas likumi. ESA astronomu komanda, ko vada Marko Mičeli (*Marco Micheli*), apskatīja vairākus scenārijus, kas ļautu izskaidrot šo ātruma starpību. Ticamākais

skaidrojums ir, ka *Omuamua*, pateicoties tam, ka tā virsmu silda Saule, līdzīgi kā komētas, izmet daļu sava materiāla, no kā veidots. Ap 2018. gada 1. jūniju *Omuamua* ātrums bija apmēram 114 000 kilometru stundā.



1. att.

Diagrammā redzama *Omuamua* orbīta, tam virzoties Saules sistēmā. Prognozētā trajektorija aprēķināta, jau ņemot vērā konstatētās izmaiņas *Omuamua* ātrumā.

Marko Mičeli uzsver, ka *Omuamua* uzvedība ir vairāk raksturīga komētām, jo papildu paātrinājums, attālinoties no Saule, samazinās. Parasti, kad Saules uzsilda komētu, tā izmet putekļus un gāzes, kas veido komētas asti. *Omuamua* šāda komētām raksturīga aste netika konstatēta, tāpēc sākotnēji tika pieņemts, ka *Omuamua* ir asteroīds. Tas zinātniekiem liek domāt, ka *Omuamua* izmet netipiski lielas putekļu daļiņas. Tiek uzskatīts, ka, ceļojot starpzvaigžņu telpā, *Omuamua*

zaudējis "vietējām" komētām raksturīgās sīkās putekļu daļiņas, tādējādi palikušas tikai lielākas, kas redzamu asti neveido, jo to nav skaitliski daudz.

Omuamua ir interesants ne tikai līdz galam neskaidrās dabas dēļ, bet arī tāpēc, ka šāds lielāks kustības ātrums un tā izmaiņu neprognozējamība apgrūtinās tā izcelsmes noskaidrošanu. Astronomiem ir mērķis, veicot *Omuamua* novērojumus, aprēķināt tā trajektoriju, lai noskaidrotu, no kuras zvaigžņu sistēmas tas ieradies.



OMUAMUA — ASTEROĪDS vai KOMĒTA?

NETIKA ATMESTA PAT MAZ TICAMA
HIPOTĒZE, KA *OMUAMUA* IR
STARPZVAIGŽŅU KOSMOSA KUĢIS,
KAS PAĀTRINĀS AR SAVIEM DZINĒJIEM.

Tika izvirzītas vairākas hipotēzes, kā izskaidrot *Oumuamua* palielināto ātrumu. Tika apskatīta iespēja, ka paātrinājumu šim ķermeņim varētu piešķirt Saules starojuma spiediens vai Saules vējš, kāda sadursme,

iespēja, ka *Oumuamua* ir binārs objekts, vai iespēja, ka tas ir magnētisks.

Netika atmesta pat maz ticama hipotēze, ka *Oumuamua* ir starpzvaigžņu kosmosa kuģis, kas paātrinās ar saviem dzinējiem. Tomēr tika

konstatēts, ka plūstošā un vienmērīgā paātrināšanās, kas turklāt, attālinoties no Saules, samazinās, un fakts, ka *Oumuamua* griežas ap visām trim asīm, izslēdz iespēju, ka mūs apmeklējuši viesi no kosmosa dzilēm. 🌌

2. att.

Oumuamua – pirmais starpzvaigžņu viesis mākslinieka skatījumā. *Oumuamua* detalizētu attēlu nav izdevies iegūt tā nelielo izmēru dēļ. ESA/Hubble, NASA. Attēla avots: ESO, M. Kornmesser



Klusā Reja

Raugoties uz Saturna pavadoņu plašo saimi, varam to iedalīt divās kategorijās. Pirmajā kategorijā ir Titāns ar 5151 km diametru, kura masa veido 96% no visu Saturna pavadoņu masas. Titāns pēc sava lieluma, ģeoloģiskās vēstures un atmosfēras īpašībām līdzinās planētai, kurai kaut kā ir gadījies izveidoties orbītā ap Saturnu. Otrajā kategorijā ir pārējie pavadoņi un gredzeni, kuru kopējā masa ir tikai viena divdesmit ceturtdaļa no Titāna masas, tāpēc tos varētu uzskatīt par orbitālajiem būvgružiem, kas palikuši pāri pēc Titāna akrecijas. Daļa no tiem (piemēram, Hiperions un Japets) riņķo ap Saturnu tālākās orbītās nekā Titāns, un domājams, ka tos neskāra milzu sadursmes, kurās pirms miljardiem gadu radās Titāns. Taču zonā starp Titāna orbītu un Saturna gredzenu ārējo malu ir pieci samērā lieli ledus pavadoņi, kuru izcelsme un kosmiskā evolūcija droši vien ir cieši saistīta ar Titānu. Virzienā prom no Saturna tie ir Mimass (vidējais diametrs 396 km), Encelads (504 km), Tētija (1062 km), Dione (1123 km) un Reja (1528 km). Šie Saturna pavadoņi ir miljardiem gadu senu notikumu liecinieki, ar kuriem tagad var strādāt kosmiskie detektīvi – planetologi, šķetinot iespējami ticamus stāstus par Saturna sistēmas vēsturi. Agrīno notikumu pēdas ir lielākoties zudušas, sevišķi uz tiem pavadoņiem, kuri ir ģeoloģiski aktīvi.

Neaktīvs ir vienīgi nelielais Mimass, kuram trūkst vēra ņemama iekšējā siltuma, lai notiktu plūstošas deformācijas. Taču arī masīvākā no šīm ledus pasaulēm – Reja – ir diezgan labi saglabājusi pirmatnējo veidolu, jo tā atrodas salīdzinoši tālāk no Saturna, tāpēc ir mazāk pakļauta paļūsums spēku iedarbībai, kas ir apgriezti proporcionāla pavadoņa attālumam no Saturna, kāpinātām kvadrātā. Reja pašlaik arī nav orbitālajā rezonansē ne ar vienu citu Saturna pavadoņi, tāpēc tās orbītas ekscentricitāte ir maza – tikai 0,00126, kas nozīmē, ka tās attālums no Saturna viena apriņķojuma laikā mainās tikai par 0,25%. Šā iemesla dēļ

Rejas dzīles ir maz pakļautas Saturna gravitācijas izraisītām cikliskām deformācijām.

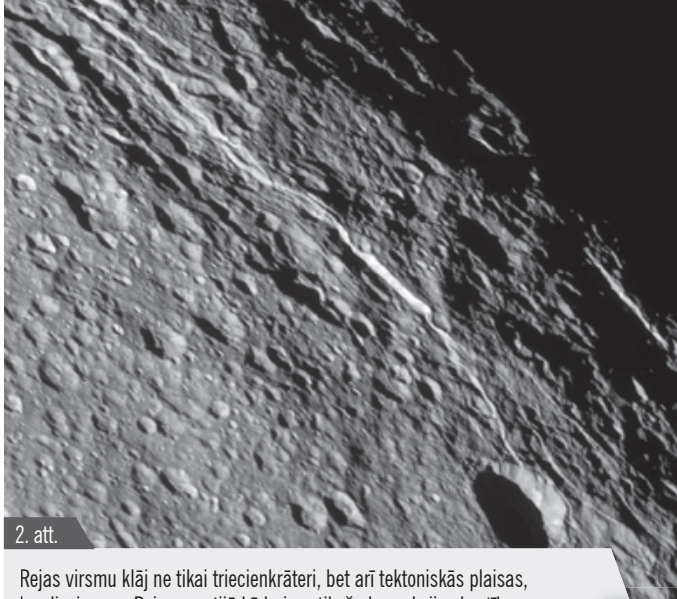
Tik tiešām, Rejas virsma ir praktiski pilnībā nosēta ar seniem triecienkrāteriem, un ir redzamas pavisam nedaudzas tektoniskās plaisas, daudz mazāk nekā uz Diones. Tāpat Rejas mantijas kustība notiek lēni, un spēki, kas iedarbojas uz garozu, nav stipri. Rejas samērā zemais – 1200 kg/m^3 – blīvums norāda, ka 75% no tās masas veido ūdens ledus, bet akmeņu un metālu masas daļa ir tikai 25 procenti. Tas ir vēl viens iemesls, kāpēc Rejai ir maz iekšējā siltuma, jo radioaktīvie elementi (urāns, torijs un kālijs-40) ietilpst galvenokārt silikātiežu sastāvā.

REJAS DŽĪLES IR MAZ PAKĻAUTAS SATURNA GRAVITĀCIJAS IZRAISĪTĀM CIKLISKĀM DEFORMĀCIJĀM.



1. att.

Saturna otra lielākais pavadoņs Reja (diametrs 1528 km) uz Titāna (diametrs 5151 km) fona. Rejas masa ir tikai 1,7% no Titāna masas. Šo attēlu dabiskās krāsās *Cassini* pavadoņs uzņēmis ar garfokusa fotokameru 2011. gada 16. jūnijā. Attālums līdz Rejai bija 1,8 milj. kilometru, līdz Titānam – 2,5 milj. kilometru. Rejas virsma ir saskatāma ar 11 km izšķirtspēju uz pikseli. NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute foto

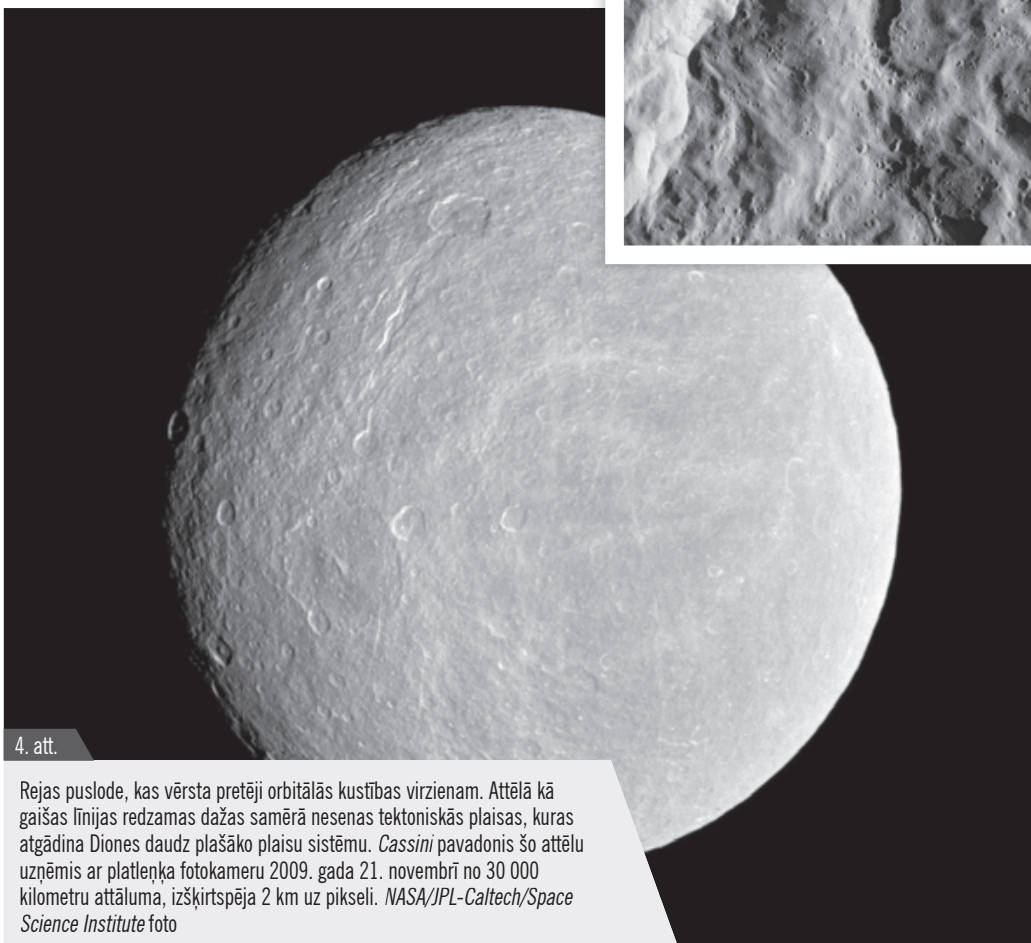
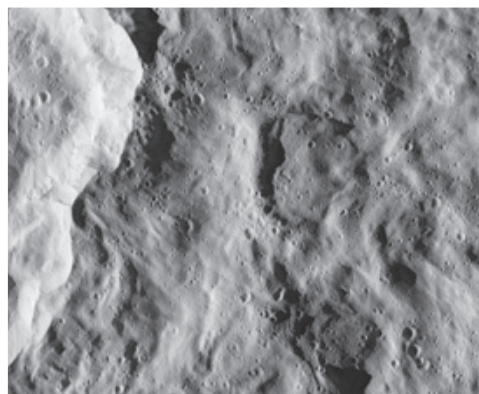


2. att.

Rejas virsmu klāj ne tikai triecienkrāteri, bet arī tektoniskās plaisas, kas liecina par Rejas mantijā kādreiz notikušu konvekcijas kustību. Šo melnbalto attēlu redzamajā gaismā *Cassini* pavadonis uzņēmis ar garfokusa fotokameru 2012. gada 22. decembrī no 31 000 kilometru attāluma. Attēla izšķirtspēja ir 183 m uz pikseli. *NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute* foto

3. att.

Viens no augstākās izšķirtspējas Rejas attēliem, ko *Cassini* pavadonis uzņēmis 2005. gada 26. novembrī no 511 kilometru attāluma, izšķirtspēja 34 m uz pikseli. Attēlā redzama prominentā 280 miljonu gadu vecā, 47 kilometrus plašā *Inktomi* krātera mala un izmešu nolīdzinātais viļņainais apvidus ap krāteri, kas vēl nav paguvusi pārklāties ar mazākiem krāteriem, ja neskaita dažas sekundāro krāteru grupas, kuras radās, nesenākā triecienā izmestiem ledus blūkiem krītot atpakaļ uz Rejas. *NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute* foto



4. att.

Rejas puslode, kas vērsta pretēji orbitālās kustības virzienam. Attēlā kā gaišas līnijas redzamas dažas samērā nesenās tektoniskās plaisas, kuras atgādina Diones daudz plašāko plaisu sistēmu. *Cassini* pavadonis šo attēlu uzņēmis ar platleņķa fotokameru 2009. gada 21. novembrī no 30 000 kilometru attāluma, izšķirtspēja 2 km uz pikseli. *NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute* foto

Vai Reja tiešām nekad nav bijusi izkususi? Uz tās virsmas nav nekādu pazīmju par senu kriovulkānismu, kādas redzam uz Diones vai Tētijas, nemaz nerunājot par tādiem geizeriem, kādi ir uz Encelada. Ja Rejai būtu bijis iekšējais okeāns, tam sasilstot un izplešoties, būtu radušās dziļas aizas, kādas ir uz Tētijas vai Plūtona pavadoņa Hārona. Rejas vienmuļā virsma acīmredzot vienmēr ir bijusi tāda kā tagad, un to pierāda ne tikai fotoattēli.

Saturna sistēmas izpētes pavadoņi *Cassini* veica četrus tuvus Rejas pārlidojumus (R1 2005. gadā, R2 2010. gadā, R3 2011. gadā un R4 2013. gadā). Divi no tiem – R1 un R4 – bija vēltīti precīziem gravitācijas lauka mērījumiem, sekojot radiosignālu Doplera nobīdei, kas bija atkarīga no *Cassini* ātruma izmaiņām Rejas tuvumā. No gravitācijas lauka struktūras izriet, ka tie 25% no Rejas masas, kas nav ledus, ir samērā vienmērīgi izkliedēti pa Rejas mantiju. Rejai nav liela iežu kodola, kas būtu neizbēgami radies, ja tās ledus mantija kādreiz būtu izkususi. Var jautāt, kāpēc akmeņi nav nogrimuši virzienā uz Rejas centru caur viskozu ledus mantiju, taču iespējams, ka Rejas silikāti ir līdzīgi māliem, kas veidojušies kosmisko putekļu dēdēšanā, un tās minerāli nekad nav sakusuši par tādiem akmeņiem, kādi atrodami uz Zemes grupas planētām.

Fakts, ka Reja ir pavadījusi visu savu vēsturi mūžīgā sasulumā, dod svarīgu pieturas punktu, lai izprastu tās pirmsākumus. Skaidrs, ka tie enerģijas avoti, kas izkausēja Enceladu, Tētiju un



5. att.

Inktomi krāteris uz Rejas virsmas izceļas ar tā gaišajiem stariem, kuri radušies no trieciena izsistām ledus daļiņu šaltim un norāda uz trieciena augsto enerģiju. Heliocentrisko komētu radīto krāteru statistiskā analīze palīdz aprēķināt Saturna pavadoņu sistēmas vecumu. Šis melnbaltais redzamās gaismas attēls uzņemts ar *Cassini* garfokusa fotokameru 2005. gada 14. aprīlī no 247 000 kilometru attāluma, izšķirtspēja 1 km uz pikseli. NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute foto

Dioni, ir mazāk ietekmējuši Reju. Galvenais faktors ir orbitālās rezonanses, kad pavadoņu apriņķošanas periodi nonāk nelielu veselu skaitļu attiecībā. Reja ir tālāk no Saturna un masīvāka par pārējiem Saturna ledus pavadoņiem (izņemot Titānu), tāpēc neviens no vidējā lieluma ledus pavadoņiem nevarētu tik spēcīgi ietekmēt Rejas orbītu, lai Saturna paisumu dēļ izkustu tās mantija.

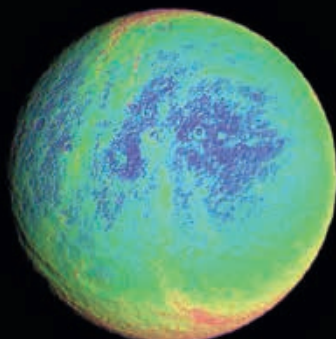
Tomēr ir arī citi siltuma avoti, kuri attiecībā uz Rejas izrādījās par vāju, lai izkausētu ledu. Viens no tiem ir pirmatnējo radioaktīvo izotopu sabrukšanas siltums, kas Saules sistēmas pirmsākumos bija pietiekams, lai izkausētu pat nelielu asteroīdu metāla kodolus, kuru šķembas mēs tagad varam pētīt kā dzelzs meteorītus. Iežu daudzums Rejas iekšienē līdzinās prāvam asteroīdam, taču siltuma ir bijis maz, un var secināt, ka Reja ir veidoju-

sies daudz vēlāk nekā Saules sistēmas planētas. Cits būtisks siltuma avots ir akrēcijas enerģija, kas summējas no visiem meteorītu triecieniem, ko Reja savā vēsturē ir piedzīvojusī. Ņemot vērā gravitācijas konstanti G ($6,674 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{kg}^{-2} \cdot \text{m}^2$), Rejas masu ($2,307 \times 10^{21} \text{ kg}$) un rādiusu (764 km), ir viegli aprēķināt tās gravitācijas sasaistes enerģiju U , kas būtu nepieciešama, lai Reju izjauktu par milzīgu ledus daļiņu mākonī:

$$U = \frac{3 \times 6,674 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{kg}^{-2} \cdot \text{m}^2 \times (2,307 \times 10^{21} \text{ kg})^2}{5 \times 764000 \text{ m}} = 2,790 \times 10^{26} \text{ J}$$

Tā arī ir minimālā enerģija, kam vajadzēja izdalīties, ledus daļiņām apvienojoties un veidojot Reju, un tā līdzinās tikai 120 kilodžouliem uz kilogramu Rejas masas jeb trešajai daļai no ledus izkausēšanai nepieciešamā siltuma, ja šī ledus temperatūra būtu nedaudz zem 0°C .





6. att.

Rejas attēli dabiskās (kombinācija no sarkanā, zaļā un zilā filtra) un mākslīgās (ultravioletais, zaļais un infrasarkanais filtrs) krāsās ļauj izcelt tektoniskās plaisas, kas šķērso senāku apvidu. Krāsu atšķirības rodas no kosmisko putekļu klātbūtnes un ledus īpašību izmaiņām ilgstošā radiācijas iedarbībā. *Cassini* pavadoņš šos attēlus uzņēmis 2007. gada 17. janvārī no 597 000 kilometru attāluma, izšķirtspēja 4 km uz pikseli. *NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute* foto

Tā kā ledus daļiņas Saturna sistēmā ir daudz aukstākas, ap 100 grādiem pēc Kelvina skalas, un ledus sasildīšanai vajag 2,05 kJ/(kg·K), varam sagaidīt, ka Rejas veidošanās laikā ledus triecienu ietekmē tikai nedaudz uzsila, bet neizkusa.

Simt reižu lielāku enerģiju varēja dot meteorītu kinētiskā enerģija, ja tie būtu no tālienes nākuši komētu kodoli ar ātrumu ap 10 km/s, nevis ledus daļiņas orbītā ap Saturnu, kuras Rejā ietriecās vidēji ar 1 km/s ātrumu. Planetologi meteorītus, kas ir izdangājuši Saturna pavadoņus,

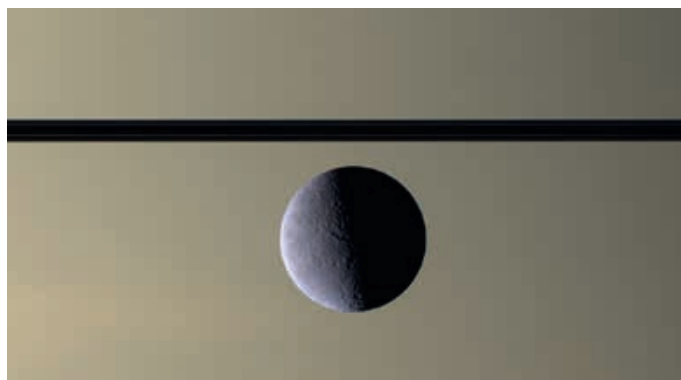
attiecīgi iedala I (heliocentriskajā) un II (planetocentriskajā) populācijā, un vairāki pētījumi liecina, ka vairumu krāteru ir atstājusi planetocentriskā meteorītu populācija, kuras enerģija attiecībā pret Reju ir zema.

Konkrētam krātera diametram, ko nosaka meteorīta kinētiskā enerģija ($E=mv^2/2$), trieciena impulss ir lielāks, ja meteorīts ir lēns un smags. Piemēram, meteorīts ar 1 miljarda tonnu masu un ātrumu 1 km/s atstātu apmēram tikpat lielu krāteri kā meteorīts ar masu 20 miljoni tonnu un ātrumu

10 km/s, taču pirmajā gadījumā impulss ($p=mv$) būtu desmit reizes lielāks. Trieciena impulss ir tas faktors, kas pārbīda kalnus un pat veselas pasaules, nevis tikai iztvaicē ledu un šķembas izsviež tālās orbītās ap Saturnu.

Atšķirība starp ātru un lēnu meteorītu triecieniem kļūst novērojama, kad triecieni ir slīpi, gandrīz horizontāli. Ja meteorīti virsmā ietriecas ar ātrumu desmitiem kilometru sekundē, kā tas ir uz Merkura, eliptisku krāteru īpatsvars ir tikai ap 3%, un tie rodas vienīgi gandrīz horizontālos triecienos. Uz Rejas eliptisku krāteru ir vairāk, ap 9,5%, tātad meteorītu tipiskā populācija ir citāda nekā uz Merkura, un domājams, ka tie ir bijuši pārsvarā lēni un smagi ķermeņi orbītās ap Saturnu.

Lēnu un smagu meteorītu bremsēšanās Rejas ledus garozā arī notiek citādāk nekā maza, ātra komētas kodola eksplozija uz Rejas virsmas sadursmes brīdī. Ja meteorīta izmēri ir samērojami ar izveidotā triecienkrātera diametru, tad meteorīta vielas bremsēšanās ceļš Rejas ledus garozā ir garāks, nekā tas būtu mazam, ātram meteorītam.



7. att.

Reja un Saturna gredzeni dabiskās krāsās uz Saturna fona. Šis skats atkārtojas ik pēc 4,5 Zemes diennaktīm jau miljardiem gadu ilgi, bet *Cassini* pavadoņš ar garfo-kusa fotokameru to pirmo reizi nofotografēja 2007. gada 17. jūlijā, kad attālums līdz Rejai bija 1,2 miljoni kilometru. *NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute* foto

Ja trieciens ir slīps, garāka ir šā bremzēšanās ceļa projekcija uz Rejas virsmas, kas papildus izskaidro eliptisku krāteru rašanos.

Tas, protams, nenozīmē, ka uz Rejas nav komētu triecienu pēdu. Divi lielākie un svaigākie Rejas krāteri ir *Inktomi* (47 km diametrs) un *Obatala* (67 km diametrs), kas uz Rejas virsmas ir atstājuši gaiša ledus šaltis jeb starus un sekundāros krāterus vietās, kur ir krituši triecienu izsistie ledus gabali. Tie nepārprotami ir bijuši ļoti enerģiski notikumi, kādi ir iespējami uz visām Saules sistēmas ķermeņi virsmām. Nesaņemot šo krāteru vecumu un saskaitot citus, vecākus komētu krāterus, būtu iespējams datēt ne tikai Rejas, bet arī pārējo Saturna pavadoņu virsmas, kas ir viens no svarīgākajiem zinātniskajiem uzdevumiem Saturna sistēmā.

Nepietiek skaitīt citus, mazākus krāterus to iekšienē, jo arī mazo krāteru veidošanās biežums nav precīzi zināms. Gaišie stari ap krāteriem simtiem miljonu gadu laikā izzūd, bet arī šā procesa ātrums ir atkarīgs no mikrometeorītu bombardēšanas un citiem procesiem, kuru intensitāte nav pietiekami izpētīta. Tomēr arī pats ledus kosmiskajos apstākļos noveco, un ledus vecumu var noteikt spektroskopiski. Proti, parastais ledus, kāds ir pierasts uz Zemes un veidojas, ūdenim sasalstot, jonizējošās radiācijas iedarbībā uzkrāj kristāliskā režģa defektus un pamazām no kristāliska materiāla pārvēršas par stiklveidīgu

jeb amorfu ledu, kuram ir nedaudz atšķirīgs infrasarkanais spektrs. Mērot atšķirīgās spektra joslas ar *Cassini* pavadoņa infrasarkanā kartējošo spektrometru un iegūtos spektrus salīdzinot ar laboratorijā apstarota ledus spektriem Saturna pavadoņiem raksturīgajā temperatūrā, izdevās noskaidrot, ka *Inktomi* krāteris satur (39–67%) kristāliskā ledus un tā vecums ir ap 280 miljoniem gadu, kamēr *Obatala* krāteris satur mazāk kristāliskā ledus (33–55%) un tādā ir vecāks (ap 450 miljoniem gadu). Pēc Rejas ģeoloģiskās laika skalas tie ir neseni notikumi, un šī klusā pasaule glabā arī citus krāterus, kas veidojušies pirms viena, diviem vai pat trim miljardiem gadu un kuru datēšana ar tādām tiešām metodēm pagaidām nav iespējama.

Ar *Cassini* datiem nepietiek, lai pateiktu, tieši cik heliocentrisko komētu krāteru ir uz Rejas un kad radušies senākie no tiem. Ja Reja būtu 4,5 miljardus vega kā Saules sistēma, uz tās būtu tikai ātru komētu atstāti krāteri un citu Saturna pavadoņu krišanas pēdas būtu pilnībā izdzēstas. Ja Reja būtu tikai miljardu gadu vega, uz tās būtu tikai daži komētu atstāti krāteri, un visi pārējie planetocentrisko meteorītu krāteri liecinātu par Rejas veidošanos no vielas, kas riņķoja ap Saturnu. Šie jautājumi paliek neatrisināti, taču atbildes būs atrodamas uz Rejas virsmas. Tādā ziņā klusā Reja ir Saturna sistēmas vēstures svarīgākā lieciniece, kuras noslēpumi, cerams, tiks nākotnē izziņāti. 🌑



Avoti:

Tortora, P.; Zannoni, M.; Hemingway, D.; Nimmo, F.; Jacobson, R. A.; Iess, L.; Parisi, M. Rhea gravity field and interior modeling from Cassini data analysis. – *Icarus*, 264, 2016, 264.

Dalle Ore, C. M.; Cruikshank, D. P.; Mastrapa, R. M. E.; Lewis, E.; White, O. L. Impact craters: An ice study on Rhea. – *Icarus*, 261, 2015, 80.

Stephan, K.; Jaumann, R.; Wagner, R.; Clark, R. N.; Cruikshank, D. P.; Giese, B.; Hibbitts, C. A.; Roatsch, T.; Matz, K.-D.; Brown, R. H.; Filacchione, G.; Cappacioni, F.; Scholten, F.; Buratti, B. J.; Hansen, G. B.; Nicholson, P. D.; Baines, K. H.; Nelson, R. M.; Matson, D. L. The Saturnian satellite Rhea as seen by Cassini VIMS. – *Planetary and Space Science*, 61(1), 2012, 142.

Herrick, R. R.; Schenk, P. M.; Robbins, S. J. Surveys of elliptical crater populations on the saturnian satellites, Mercury, and Mars. – *Icarus*, 220, 2012, 297.

Bierhaus, E. B.; Dones, L.; Alvarellos, J. L.; Zahnle, K. The role of ejecta in the small crater populations on the mid-sized saturnian satellites. – *Icarus*, 218, 2012, 602.

Kirchoff, M. R.; Schenk, P. Impact cratering records of the mid-sized, icy saturnian satellites. – *Icarus*, 206, 2010, 485.

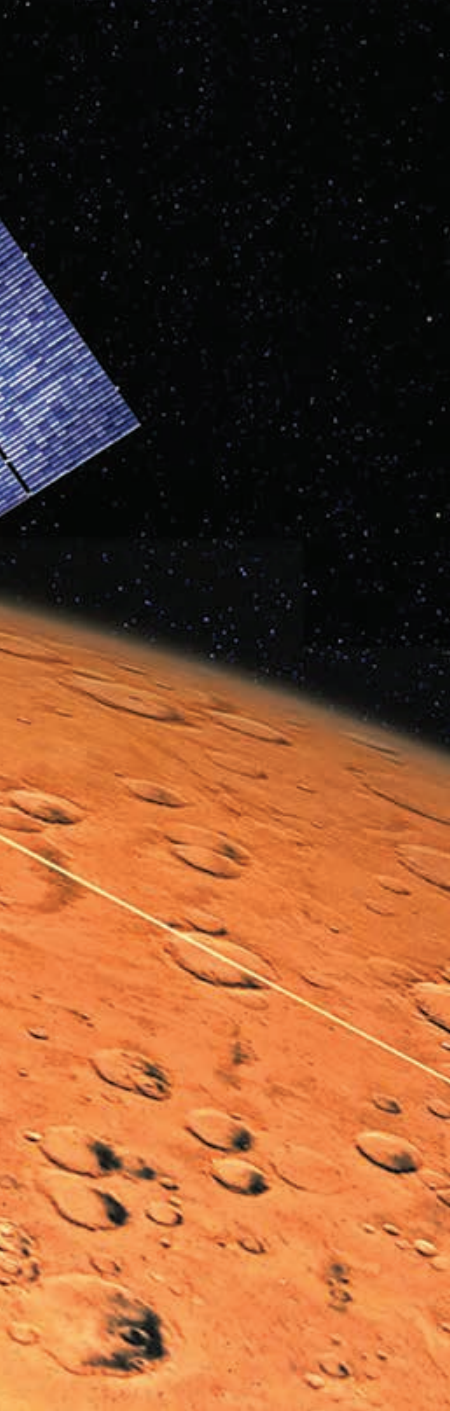
Multhaup, K.; Spohn, T. Stagnant lid convection in the mid-sized icy satellites of Saturn. – *Icarus*, 186, 2007, 420.

Šķidrš ūdens zem Marsa dienvidu polārajiem ledājiem

Jau desmitiem gadu planetologi diskutē par šķidra ūdens iespējamību uz Marsa, lai arī temperatūra un spiediens uz tā virsmas ir zem ūdens trīskāršā punkta,

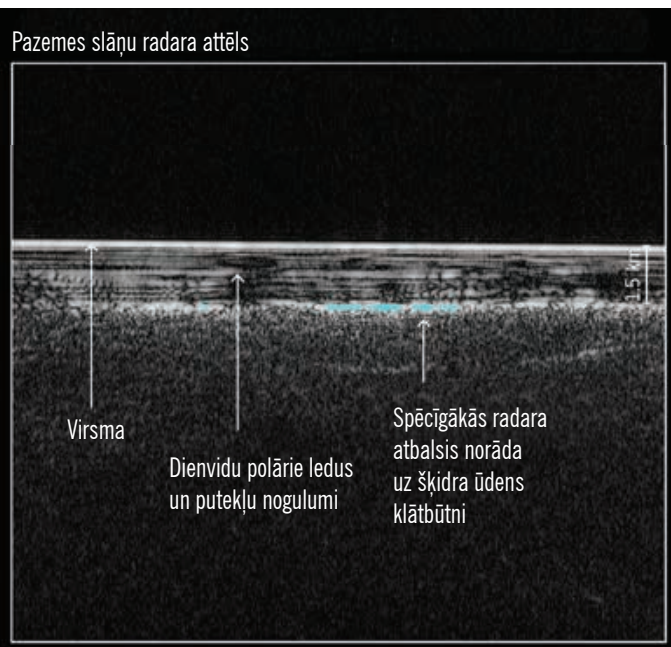
kas nozīmē, ka ūdens vienkus sasaltu un iztvaikotu, bet nevarētu pastāvēt šķidrā veidā. Kā varbūtējā dzīves telpa Marsa mikroorganismiem tiek minēti Marsa gruntsūdeņi, kurus, iespējams, sta-

bilizē sāļu klātbūtne, jo sāļi pazemina ūdens sasalšanas temperatūru. Marsa gruntsūdeņus jau 15 gadus meklē Eiropas Kosmiskās aģentūras *Mars Express* pavadoņi, kura *MARSIS* radars darbojas 1,8,



3, 4 un 5 megahercu frekvencēs un spēj uztvert radioviļņu atbalsis no vairāku kilometru dziļuma zem Marsa virsmas. Ilgstoša datu uzkrāšana un analīze ir ļāvusi secināt, ka Marsa dienvidu polārajā

FOTO: ESA/NASA/JPL/ASI/Univ. Rome: R. Orosei et al 2018



TEMPERATŪRA AP -70°C ATBILST ZEMĀKAJAI PERHLORĀTU SĀĻU SASALŠANAS TEMPERATŪRAI, TĀTAD ATKLĀJUMS NEPAVISAM NAV NETICAMS.

reģionā (193° austrumu garums, 81° dienvidu platums) 1,5 kilometru dziļumā zem putekļu klātajiem ledājiem pastāv šķidr ūdens vai, drīzāk, sālsūdens dubļi. Lai arī temperatūras modelēšana liek domāt, ka temperatūru tādā dziļumā vēl maz ietekmē Marsa iekšējais siltums un tā ir ap -70°C , tā arī atbilst zemākajai perhlorātu sāļu sasaldēšanas temperatūrai, tāpat atklājums nepavisam nav neticams. Alternatīvās hipotēzes par šķidra oglekļa dioksīda esamību var noraidīt, jo šķidr oglekļa dioksīds rada piecdesmit reizu vājākas

radara atbalsis. Lai arī *MARSIS* radara horizontālā izšķirtspēja ir tikai 3–5 kilometri, atklātā zemledus dubļu sālsēzera kontūras var noteikt pietiekami pārliecinoši, un tā diametrs ir 20 kilometri. Pārliecību par iegūtajiem datiem dod arī pieredze Antarktīdas izpētē, kur līdzīgi zemledus ezeri ir ne tikai detektēti, bet arī ir sasniegti ar urbūmiem. Ja izdotos izveidot sterilu urbšanas iekārtu, tādus urbumus varētu veikt arī uz Marsa un noskaidrot, vai koncentrētajos sālsūdens dubļos ir atrodamas kādas dzīvības pazīmes. 🌑

Zemo frekvenču antenu lauka radioteleskops



1. att.

Izvēlēta perspektīvā LOFAR stacijas vieta:
Latvija, Ventspils novads, Irbene

Ventspils Augstskolas (turpmāk VeA) Inženierzinātņu institūta Ventspils Starptautiskā radioastronomijas centra (IZI VSRC) attīstības stratēģija 2016.–2020. gadam (V. Avotiņš, 2016) paredzēja līdz 2019. gada beigām Irbenes uzstādīt jaunas paaudzes

zemo frekvenču antenu lauka radioteleskopu LOFAR (angliski *Low-Frequency Array*). 2016. gada 23. novembrī Latvijas Republikas Saeima pieņēma valsts budžetu turpmākajiem trīs gadiem, paredzot tajā būtisku finansējumu VeA IZI VSRC attīstībai. Piešķirtie līdzekļi paredzēti LOFAR teleskopa izveidei

Irbenes radioteleskopu kompleksā, kas veicinās pētījumus radioastronomijā, astrofizikā un astroķīmijā un to plašāku lietojumu tautsaimniecībā. LOFAR ir programmējams zemo frekvenču antenu lauks, kas ļauj uztvert vājākus radio signālus nekā līdzšinējie VSRC radioteleskopi, līdz ar to arī iegūt informāciju par tālākiem

Visuma objektiem. Pašreiz ILT (angliski *International LOFAR Telescope*) tīkls apvieno vienā pētniecības instrumentā vairāk nekā 55 stacijas Nīderlandē, Vācijā, Zviedrijā, Francijā, Somijā, Lielbritānijā un Polijā; jaunas top Īrijā, Itālijā un Latvijā. Apvienotais LOFAR ILT radioteleskops izmanto ļoti garas bāzes interferometrijas metodi un paver pilnībā jaunas iespējas veikt radioastronomijas, Saules, kosmisko staru, jonosfēras un zibens novērojumus elektromagnētiskā spektra zemajās frekvencēs – no 10 līdz 240 MHz. 2016. gada 5. decembrī Ventspils Augstskolas rektors Kārlis Krēslis un Nīderlandes Radioastronomijas institūta Astron meitasuzņēmuma AstroTec Holding B.V. direktors Ronalds Halfverks (*Ronald G. B. Halfwerk*) parakstīja vēsturisku līgumu par LOFAR stacijas izveidi Irbenē. 2017. gada 19.–23. jūnijā IZI VSRC vadošais pētnieks Dmitrijs Bezrukovs prezentēja pirmos zemo frekvenču novērojuma zinātniskos rezultātus *Solar Regions with Low Brightness Temperature in Microwaves and Very Long Waves* konferencē *The Broad Impact of Low Frequency Observing* Boloņā, Itālijā.

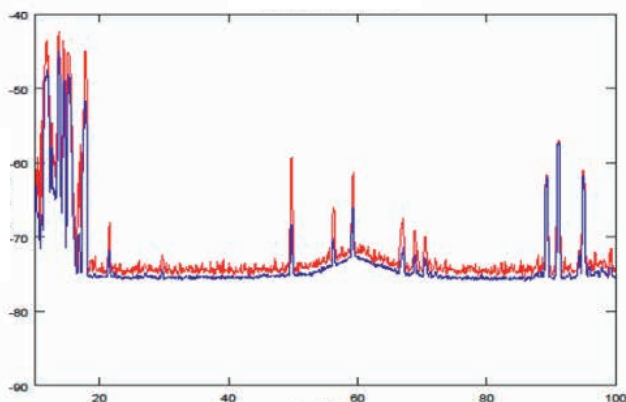
2017. gada 11. un 12. maijā notika *Astron/Astrotech* pārstāvju vizīte Ventspilī ar mērķi apsekot un sagatavot Irbenes LOFAR stacijai atbilstošu antenu laukumu (Avotiņš, 2018). 2017. gada 22.–26. maijā

Astron/Astrotech tehniskā atbalsta daļas vadītājs Nico Ebbendorf ieradās Ventspilī ar mērķi veikt izvēlētā Irbenes LOFAR antenu laukuma Electromagnetic Interference (EMI) mērījumus, (skatīt 3. att.). Pēc izpētes un mērījumiem no *Astron/Astrotech* ir saņemts tehniskais ziņojums, kurā apstiprināta izvēlētā Irbenes LOFAR antenu lauku-



2. att.

Parakstīts līgums par LOFAR stacijas izveidi Ventspils Starptautiskajā radioastronomijas centrā.



3. att.

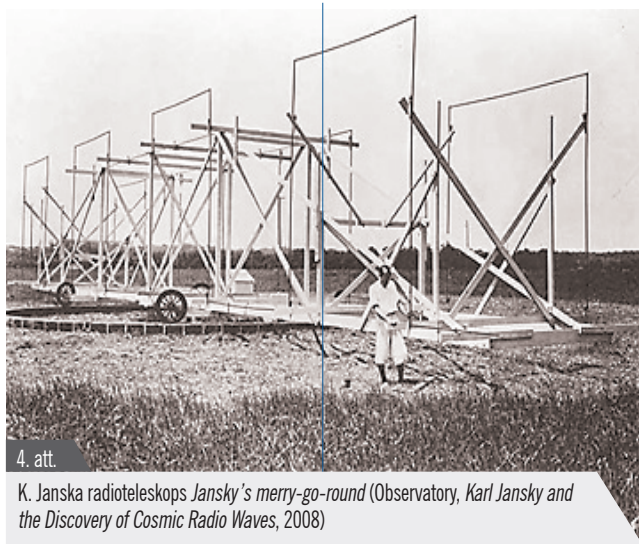
Irbenes LOFAR antenu laukuma EMI mērījuma rezultātu grafiks. Elektromagnētiskie traucējumi (EMI) ir parādība, kad viena signāla elektromagnētiskais lauks traucē otru signālu, tādējādi viens signāls traucē otru, radot traucējumus. Elektromagnētiskie traucējumus bieži apzīmē kā radiofrekvenču traucējumus (RFI – *Radio Frequency Interference*). (Avotiņš, 2018)

ma atbilstība. 2016. gada 1. janvārī VeA sāka BALTICS projekta īstenošanu, kurā ir paredzēts nostiprināt IZI VSRC konkurētspēju, izveidot un apmācīt speciālistu komandu, kas spētu veikt mērījumus, apstrādāt apjomīgus datu masīvus un patstāvīgi konstruēt un modernizēt antenas, kā arī izveidot sadarbību un zinātību ar LOFAR tehnoloģijām saistītās zinātnes jomās, mācoties no šīs jomas Eiropas un starptautiska

līmeņa līderiem (VeA, Uzsākta projekta BALTICS realizācija, 2016). Projekta noslēgumā IZI VSRC būs sagatavots 6–8 cilvēku kodols ar praktisku pieredzi LOFAR radioteleskopa izveidei, attīstībai, uzturēšanai un pētniecībai.

KAS IR ZEMO FREKVENČU ANTENU LAUKS?

Amerikāņu fiziķis un radioinženieris Karls Guthe Janskis (*Karl Guthe Jansky*; 1905–1950) ir uzskatāms par



4. att.

K. Janska radioteleskops *Jansky's merry-go-round* (Observatory, Karl Jansky and the Discovery of Cosmic Radio Waves, 2008)



5. att.

K. Janska Piena Ceļa galaktikas debesu karte (Observatory, Karl Jansky with his Milky Way Map, 2018)

vienu no radioastronomijas dibinātājiem, jo viņa mūža nozīmīgākajā eksperimentā tika uztverti radioviļņi, kurus izstaro Piena Ceļa galaktika (1933). Kosmisko objektu novērojuma eksperimentiem Janskis uzbūvēja specifisku radioteleskopu, kuru nosauca par "Jansky's merry-go-round" (skatīt 4. att.). Radioteleskops vai zemfrekvenču antenu

vai elektromehānisku komponentu, ar kuru palīdzību tika nodrošināta sekošana kosmiskajam objektam. Tieši šo iemeslu dēļ LOFAR var uzskatīt par jaunās paaudzes zemo frekvenču antenu lauku, kam ir pieejama milzīga skaitļošanas kapacitāte, kā arī tas nodrošina sekošanu līdzīgi kosmosa objektiem, izmantojot programmvadāmu antenu lauku, lai formētu dažādus radioviļņu starus un pozicionētu tos uz izvēlētajiem kosmosa objektiem. Mūsdienās pasaulē

ZINĀTNIEKIEM BŪS VIENREIZĒJA IESPĒJA IESKATĪTIES ARVIEN TĀLĀK PAGĀTNES UN NĀKOTNES VISUMA RADĪŠANAS UN IZPLEŠANĀS NOTIKUMOS.

masīvs tika radīts, lai uztvertu radioviļņus 20,5 MHz frekvenču diapazonā (14,6 metri viļņu garums) (Observatory, Karl Jansky and the Discovery of Cosmic Radio Waves, 2008).

Par godu K. Janskim ir nosaukta radioastronomiskā mērvienība Jansky (Jy), kura ir ekvivalenta $10^{-26} \text{ W/m}^2/\text{Hz}$ (Bevington, 2017).

Lai arī pirmie zemo frekvenču antenu lauka radioteleskopi ir būvēti 20. gadsimta 70. un 80. gados, tomēr ierobežotās skaitļošanas jaudas dēļ astronomiem nebija iespējas pilnvērtīgi apstrādāt milzīgos datu apjomus, kas tika iegūti astronomisko objektu novērošanā. Vecākās paaudzes antenu lauka radioteleskopiem bija daudz mehānisku

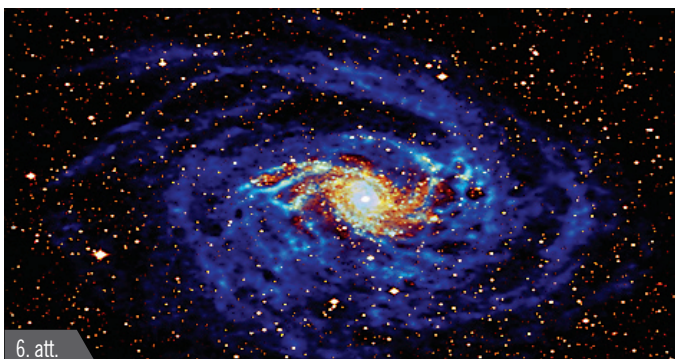
tieks ekspluatēti dažādu paaudžu un dažādu tehnoloģiju zemo frekvenču antenu lauka radioteleskopi. Eiropā lielākais zemo frekvenču antenu lauka radioteleskops ir LOFAR (10–240 MHz). Ukrainā ekspluatācijā ir UTR-2 (Ukrainian T-shaped Radio Telescope) (8–32 MHz), URAN (Ukrainian Radio interferometer of the Academy of Sciences) (10–35 MHz) un jaunās paaudzes GURT (Giant Ukrainian Radio Telescope) (8–80 MHz) radioteleskopi. Francijā pētījumiem izmanto NDA (Nançay Decameter Array) (10–100 MHz), CODALEMA (Cosmic ray Detection Array with Logarithmic ElectroMagnetic Antennas)

(20–200 MHz) un jaunās paaudzes zemo frekvenču antenu lauku *NenUFAR* (10–85 MHz). ASV zinātnieki izmanto LWA (*Long Wavelength Array*) (10–88 MHz), Austrālijas pētnieki – Murchison Widefield Array (MWA) (80–300 MHz) un jaunās paaudzes antenu lauku *Hydrogen Epoch of Reionization Array* (HERA) (50–250 MHz).

LOFAR-LATVIA RADIOTELESKOPA UZBŪVE

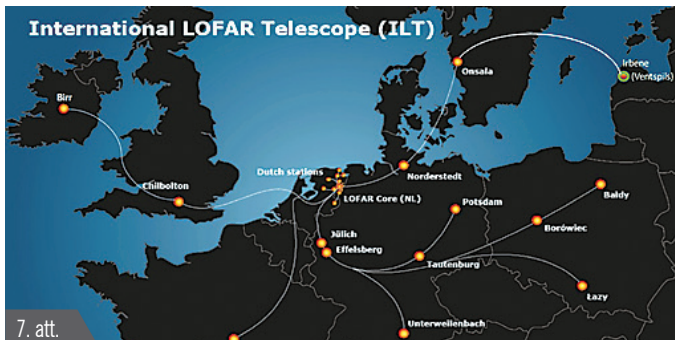
2019. gadā Kurzemē (Ventspils novadā, Irbenē) darbu sāks jauna starptautiskā LOFAR stacija, kas būs būtiska sastāvdaļa kopējā ILT tīklā (skatīt 7. att.). Irbenes LOFAR stacijai piešķirts starptautiskais īsais nosaukums LOFAR-Latvia, un tās novietojums dod bāzes līniju līdz galvenajam LOFAR staciju centram 1000 kilometru, kas papildina kopējās VLBI (*Very Long Baseline Interferometry*) iespējas. LOFAR var iedalīt trīs atsevišķos reģionos – centra mezgls ar 24 stacijām aptuveni 3 kilometru diametrā Nīderlandē, 16 staciju loks ar bāzes līniju līdz 100 kilometriem un ar lielāku par 100 kilometriem. Baltijas LOFAR stacija iekļausies starptautiskajā staciju reģionā. *High Band Antenna* (HBA) uztverošā laukuma sadaļījums maksimizē jutīgumu lielo bāzes līniju gadījumā, turklāt dod papildu HBA bāzes līnijas zemās telpiskās frekvencēs.

LOFAR stacijā Irbenē tiks izmantoti divu veidu uztvērēji un antenas: zemfrekvenču LBA (*Low Band Antenna*) un augstfrekvenču HBA (*High Band*



6. att.

Kombinētais optiskā un radioteleskopa galaktikas M31 spirāļu atzars (WSRT, ASTRON) (Halfwerk, 05.12.2017.). Kombinēts optiskā un radioteleskopa galaktikas M31 spirāļu atzaru debesu karte (*Westerbork Synthesis Radio Telescope* (WSRT), *Astron*). Izmantojot ILT radioteleskopu tīklu, zinātniekiem būs vienreizēja iespēja ieskatīties arvien tālāk pagātnes un nākotnes Visuma radīšanas un izplešanās notikumos, pētīt jauniegūtās debesu kartes un atklāt jaunus, līdz šim nezināmus kosmosa objektus.



7. att.

LOFAR radioteleskopu izkārtojums Eiropā (Halfwerk, 05.12.2017.)

Antenna). Zemfrekvenču antenas uztver signālu 10–80 MHz frekvenču joslā, augstfrekvenču antenas – 110–240 MHz joslā; vidējo frekvenču joslu neizmanto, tā tiek izmantota FM radio translācijai. LBA antenas ir vienkārši dipoli. To skaits katrā LOFAR antenā ir 96 (skatīt 8. att.). LBA konfigurācijā ir 96 antenas, katra 3×3 metri, HBA konfigurācijā arī 96 antenas, katra 5×5 metri. Uztvērēju sistēmai ir iespēja izmantot signālu kādā no divām ieejām: LBA vai HBA ieejas. Ja signāls ir izvēlēts, tad signāla X un Y polarizācija

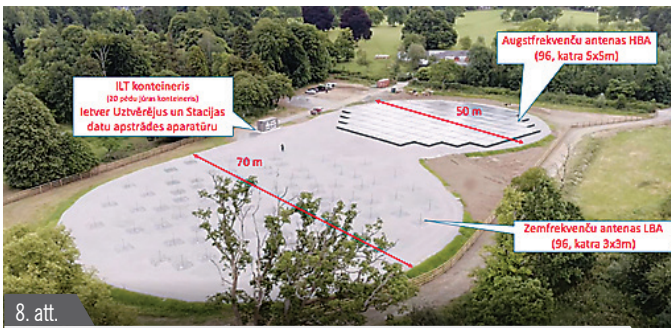
tiek neatkarīgi viena no otras pastiprināta un filtrēta. Signāla uztvērēji un datu apstrādes aparātūra ir izvietota speciālā ILT konteinerā. Analogais ciparu pārveidotājs konvertē analogo signālu 12 bitu ciparu signālā ar iztveršanas frekvenci 160 vai 200 MHz. Izmantojot abu iztveres frekvenču pirmās trīs Naikvista zonas (skatīt 9. att.), iespējams novērot signālu 0–300 MHz joslā. Pēc iztveršanas izvēlēta josla tiek sadalīta 512 apakšjoslās (kanālos), izmantojot polifāzes filtru. Polifāzes filtrs tiek izmantots, lai samazinātu iztvertā

signāla spektra zudumus un uzlabotu filtrēšanas kvalitāti stipri interferējošiem signāliem. Atkarībā no iztveršanas frekvences kanāla platums ir 195 vai 156 kHz. Lai veidotu galējo signālu ar 32 MHz joslu katrai polarizācijai, var tikt izvēlēti jebkuri 164 vai 205 kanāli no 512, kas tiek izmantoti lokālā LOFAR antenas staru kūļa veidošanā katrai apakšjoslai. Staru kūļa formēšana (angliski *beamforming*) mūsdienās ļoti plaši tiek lietota gan radioastronomijā, gan 4G/5G mobilo telefonu un satelītu bāzes stacijās, kā arī mājās Wi-Fi tīkla iekārtās.

Staru kūļa formēšanai datortīklos un telekomunikācijās izmanto *Multiple Input and Multiple Output* (MIMO) tehnoloģijas. Stacija tiks aprīkota ar tranzītu buferplatēm, kas uzkrājot signālu, ļaus palūkoties atpakaļ pagātnē, ja kāda stacija reģistrēs kādu unikālu acumirkliņu astronomisku notikumu (parasti – sprādzienus Visumā, kas rada signālu, ko sauc par tranzīta signālu). Palūkošanās pagātnē ļauj labāk izpētīt šos ne līdz galam izprastos Visuma notikumus, papildus analizējot maksimāli daudz informācijas, kas uzglabāta tranzīta buferplatēs.

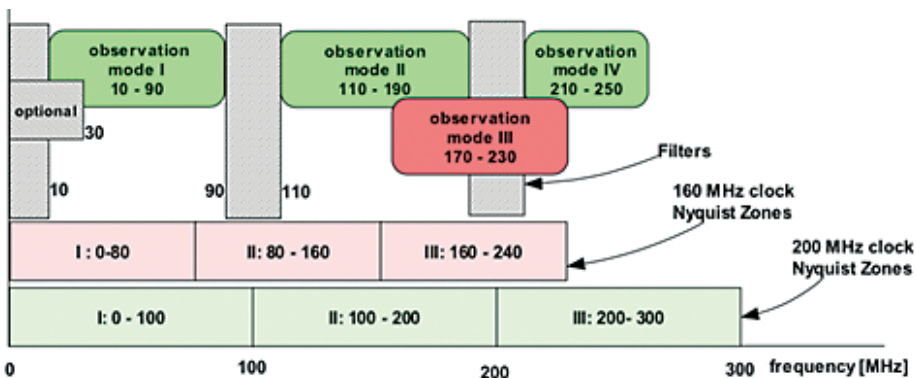
NĀKOTNES PLĀNI UN IECERES

Irbenes radioteleskopiem ir visas iespējas kļūt par pasaules līmeņa kosmosa pētniecisko kompleksu līdzīgi piemēram, Polijas vai Zviedrijas vadošajiem centriem. Arī Irbenē 2019. gadā tiks izveidots programmējama antenu lauka radioteleskops, kas spēs uztvert 1–2 reizes vājākus un tālākus Visuma signālus salīdzinājumā ar pašreizējo ILT tīklu un ļaus Latvijas kosmosa izpētes zinātniekiem iekļauties globālajās avangarda tehnoloģiju attīstības, konstruēšanas, izstrādes un pētījumu programmās. Vienlaikus tas ļaus IZI VSRC kļūt par Kurzemes reģiona izaugsmes centru ar viedo specializāciju IKT un signālapstrādes jomā, plašā tautsaimniecības spektrā. IZI VSRC dalība Eiropas ILT tīklā ir galvenais zinātniskās kompetences un infrastruktūras priekšnosacījums Irbenes radioteleskopu kompleksa daļiņai nākamās paaudzes pasaules mēroga radioteleskopa SKA (*Square Kilometer Array*) tīkla izveidē.



8. att.

LOFAR ILT stacijas augstfrekvenču un zemfrekvenču antenu konfigurācija. Jaunākās, 2017. gadā ekspluatācijā nodotās LOFAR stacijas Īrijā attēls



9. att.

LOFAR ILT stacijas augstfrekvenču un zemfrekvenču antenu konfigurācija. Jaunākās, 2017. gadā ekspluatācijā nodotās LOFAR stacijas Īrijā attēls



Konovalenko A., (2016) The modern radio astronomy network in Ukraine: UTR-2, URAN and GURT. *Experimental Astronomy, Springer Link*, 42(1), 11–48.

Astron. (2018). *Netherlands Institute for Radio Astronomy*. Lejuplādēts 25.07.2018. no <https://www.astron.nl>
Astron/Astrotech (2017). *LOFAR Site Survey Irbene, LV614*, (22 May 2017). Ventspils.

Astronomy, (2018) *Institute of Radio Astronomy National Academy of Sciences of Ukraine*. Lejuplādēts 25.07.2018. no <http://rian.kharkov.ua/index.php/en/>

Avotiņš, V. (2018) *LOFAR-Latvia stacijas ieviešanas progress*. Ventspils: IZI VSRC.

Bevington, M. (2017), *Radio Frequency Spectral Power Flux Density*. Lejuplādēts 25.07.2018. no <http://www.es-uk.info/wp-content/uploads/2018/05/RF%20Spectral%20Flux%20Density%20-%20Jansky.pdf>

Jansky, C. G. (21.09.2004.) *My Brother Karl Jansky and His Discovery of Radio Waves from Beyond the Earth*. Lejuplādēts 25.07.2018. no <http://www.bigear.org/vol1no4/jansky.htm>

Codalema (2018). *Station de Radioastronomie de Nançay*. Lejuplādēts 25.07.2018. no <https://www.obs-nancay.fr/-CODALEMA-.html>

Gunst, A. W. (2007) *LOFAR Architectural Design Document of the Astronomical Applications*. Dwingeloo: ASTRON.

Halfwerk, R. (05.12.2017.) *LOFAR – the European Radio Telescope & Sensor Network*. Ventspils: Astrotech.

HERA (2018). *Hydrogen Epoch of Reionization Array*. Lejuplādēts 25.07.2018. no <https://reionization.org>

LWA (2018). *U.S. Naval Research Laboratory*. Lejuplādēts 25.07.2018. no <https://www.nrl.navy.mil/rsd/7210/7213/LWA>

Marco de Vos, A. W. (2009) The LOFAR Telescope: System Architecture and Signal Processing. *Proceedings of the IEEE*, 97(8), 1431–1437.

MWA (2018). *Murchison Widefield Array*. Lejuplādēts 25.07.2018. no <http://www.mwatelescope.org>

Nançay, S. D. (2018) *Nançay Decameter Array*. Lejuplādēts 25.07.2018. no <https://www.obs-nancay.fr/-Reseau-decametrique-24-?lang=en>

NenUFAR (2018). *Nenufar un projet dans les temps*. Lejuplādēts 25.07.2018. no <https://nenufar.obs-nancay.fr/?lang=en>

Observatory, (16.05.2008.) *Karl Jansky and the Discovery of Cosmic Radio Waves*. Lejuplādēts 25.07.2018. no https://www.nrao.edu/whatisra/hist_jansky.shtml

Observatory, (2018). *Karl Jansky with his Milky Way Map*. Ielādēts 25.07.2018. no <https://public.nrao.edu/gallery/karl-jansky-with-his-milky-way-map/>
P. Zarka et al. (2015) *NenUFAR: Instrument description and science*

case. 2015 *International Conference on Antenna Theory and Techniques (ICATT)*. Kharkiv.

SKA (2018). *Square Kilometer Array*. Lejuplādēts 24.07.2018. no <https://www.skatelescope.org>

Avotiņš V., (2016) *Ventspils Augstskolas Inženierzinātņu institūta Ventspils Starptautiskā radioastronomijas centra stratēģija 2016.–2020.gadam*. Ventspils.

VeA (01.12.2016.). *Piešķirts būtisks finansējums Ventspils Augstskolas Starptautiskajam radioastronomijas centram*. Lejuplādēts 24.07.2018. no <http://old.venta.lv/2016/12/01/pieskirts-butisks-finansejums-vents-pils-augstskolas-starptautiskajam-radioastronomijas-centram/>

VeA (11.02.2016.). *Uzsākta projekta BALTICS realizācija*. Lejuplādēts 24.07.2018. no <http://old.venta.lv/2016/02/11/uzsakta-projekta-baltics-realizacija/>

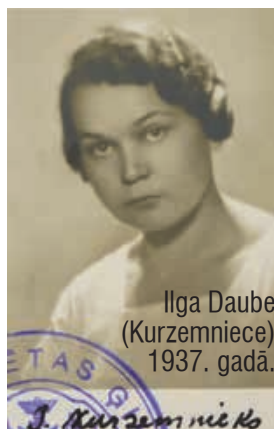
VeA (01.12.2017.). *Parakstīts līgumu par LOFAR stacijas izveidi Ventspils Starptautiskajā radioastronomijas centrā*. Lejuplādēts 24.07.2018. no <http://old.venta.lv/2017/12/01/parakstis-ligumu-par-lofar-stacijas-izveidi-vents-pils-starptautiskaja-radioastronomijas-centra/>

VeA (05.12.2017.). *Parakstīts līgums par LOFAR stacijas izveidi Ventspils Starptautiskajā radioastronomijas centrā*. Lejuplādēts 24.07.2018. no <http://old.venta.lv/2017/12/05/parakstis-ligums-par-lofar-stacijas-izveidi-vents-pils-starptautiskaja-radioastronomijas-centra/>



Astronomei ILGAI DAUBEI šoruden dižjubileja

ATMIŅĀS DALĀS ASTRONOMS, ZINĀTNES VĒSTURES PĒTNIEKŠ ILGONIS VILKS



Ilga Daube
(Kurzemiece)
1937. gadā.

Ilgu Daubi pirmo reizi satiku 1974. gada nogalē, kad kā jauns puika sāku apmeklēt Vissavienības Astronomijas un ģeodēzijas biedrības Latvijas nodaļas sanāksmes. Ievēroju, ka viņa regulāri piedalās sanāksmēs un parasti sēž pirmajā rindā. Tikai vēlāk uzzināju, ka viņa ir pazīstama latviešu astronome, kas darbojas zvaigžņu astronomijā, pēta oglekļa

zvaigznes un citus sarkanos milžus. Vēlāk arī ievēroju, ka viņa aktīvi darbojas žurnālā *Zvaigžņotā Debess* (redkolēģijā no 1958. līdz 1979. gadam) un pēta astronomijas vēsturi.

Ciešāka sadarbība mums izveidojās, kad es 1994. gadā pārņēmu Astronomiskā kalendāra sastādīšanu. Ilga Daube kalendāra redakcijas kolēģijas sastāvā bija kopš

pašiem kalendāra pirmsākumiem 1953. gadā. Viņa veidojusi daudzas kalendāra tabulas un regulāri sniegusi jubileju datus. Ik pa pieciem gadiem kalendārā ievietots viņas sastādīts rakstu rādītājs, 1988. un 1998. gadā publicēts plašs personāliju rādītājs. Publicējamie materiāli bija sagatavoti ļoti rūpīgi un precīzi. Ilga Daube darbojās Astronomiskā kalendāra redakcijā līdz pat 2000. gadam, kad kalendārs kļuva par žurnāla *Zvaigžņotā Debess* pielikumu.

Zinot Ilgas Daubes lielo ieguldījumu Latvijas Padomju Enciklopēdijas astronomijas rakstu sastādīšanā, 2001. gadā aicināju viņu līdzdarboties Latvijas Nacionālās enciklopēdiskās vārdnīcas astronomijas daļas izveidē. Visi vajadzīgie dati par latviešu astronomiem tika sagatavoti laikus un vajadzīgajā apjomā, diemžēl darbs pie enciklopēdijas tika pārtraukts.

Kad pats ieinteresējās par astronomijas vēsturi, man ļoti noderēja Ilgas Daubes raksti par Latvijas meteorītiem, Jelgavas astronomijas amatieri Vladimiru Zlatinski un citi. Pētot Latvijas Universitātes astronomijas studentu biogrāfijas, Latvijas Valsts vēstures arhīvā iepazinos arī ar Ilgas Daubes studenta lietu. Te mūsu acu priekšā nostājas jauna meitene, tobrīd vēl Kurzemniece, kas nupat kā absolvējusi Rīgas pilsētas 3. ģimnāziju, un 1937. gadā iesniedz dokumentus

studijām Latvijas Universitātes Matemātikas un dabas zinātņu fakultātes Matemātikas nodaļā. Tolaik astronomiju pasniedza īsti korifeji: Alfrēds Žaggers, Sergejs Slaucītājs, Staņislavs Vasiļevskis un Eduards Gēliņš.

Studijas astronomijas grupā tika ļoti sekmīgi pabeigtas 1942. gadā, un 1943. gadā viņai piešķirts matemātikas zinātņu maģistra grāds. Tolaik astronomijas studenti mācījās aptuveni 15 dažādus astronomijas kursus, bet Ilga Kurzemniece sasniedza rekordu, apgūstot 20 kursus, to skaitā jūras astronomiju. Tas daļēji saistīts ar to, ka padomju iestādes neatzina karā laikā saņemtos Universitātes diplomus un bija nepieciešams tos par jaunu apstiprināt. Piedevām Ilgas Kurzemnieces diploms 1944. gada rudenī bija gājis zudībā karadarbības dēļ. Tāpēc sanāca, ka viņa formāli pabeidza Universitāti 1946. gadā, toties saņemot kvalifikāciju – astronoms.

Ar Ilgas Daubes dzīvesstāstu plašāk iespējams iepazīties viņas rakstā *Garā mūža atmiņu drumsles*, kas publicēts divos *Zvaigžņotās Debess* numuros – 2003, Rudens (181), 32.–37. lpp., un 2003/04, Ziema (182), 36.–42. lpp.

Ilgai Daubei simts gadu jubilejā no visas sirds vēlu dzīvesprieku, veselību un aicinu dalīties atmiņu stāstos par Latvijas astronomijas vēsturi. 🌑

FAKTI

- Astronome Ilga Daube dzimusi 1918. gada 6. oktobrī Vidrižu pagastā.
- Pētniecības darbu astronomijā sāka 1946. gadā Latvijas PSR Zinātņu akadēmijā.
- Pirmā latviešu astronome, kura ieguvusi zinātnisko grādu (1953), kas atbilst tagadējam zinātņu doktora grādam. Disertācija *Spektrālo dubultzvaigžņu masas, telpiskais sadalījums un kinemātika*.
- Publicējusi 44 zinātniskus darbus un ap 100 populārzinātnisku rakstus.
- Pētījusi spektrālās dubultzvaigznes un mainīgzvaigznes, interešu loks ietver ne tikai oglekļa zvaigžņu un citu sarkano milžu pētniecību, bet arī astronomijas vēsturi.
- Kā zinātniskā konsultante piedalījies Latvijas padomju enciklopēdijas (10 sēj., 1981–1988) darbā, kā arī rakstu sastādīšanā.
- *Zvaigžņotā debess* redakcijas kolēģijā I. Daube darbojusies kopš tā pirmā laidiena.
- Populārzinātniskās monogrāfijas *Mēness – Zemes mūžīgais pavadonis* autore (1960).





MĒNESS

EKSPEDĪCIJAS

ar ūdeņraža spēku

Pilotējamās Mēness ekspedīcijas, kas tika organizētas pirms 50 gadiem, kļuva iespējamās vairāku politiski ekonomisko un tehnisko faktoru dēļ. No kosmiskajiem lidojumiem kritiski svarīgajām tehnoloģijām ir jāmin skaitļošanas mašīnu miniaturizācija, inerciālās navigācijas iekārtas, nolaišanās radari un, protams, jaudīgi raķešdzinēji. Toreiz radīto *Saturn V* nesējraķešu (1967–1973) celtspēja orbītā vēl arvien nav pārspēta.

Nesējraķeti nevar raksturot tikai ar pirmās pakāpes jaudu vai starta masu. Ne mazāk svarīga ir raķetes efektivitāte, kas vistiešākajā veidā ir saistīta ar tās uguns strūkļas izplūdes ātrumu. Lai cilvēkus ar bagāžu nogādātu uz Mēness un atpakaļ, ir nepieciešams sasniegt lielu ātrumu, ko var novērtēt ar šo tabulu:

Starts zemā orbītā (ieskaitot gravitācijas pārvarēšanu un aerodinamisko pretestību)	9 km/s
Došanās virzienā uz Mēnesi	3 km/s
Ieiešana orbītā ap Mēnesi	1 km/s
Nolaišanās uz Mēness	1,5 km/s
Pacelšanās no Mēness	1,5 km/s
Došanās no Mēness orbītas uz Zemi	1 km/s
Mēness ekspedīcijas ātruma budžets, kopā:	17 km/s

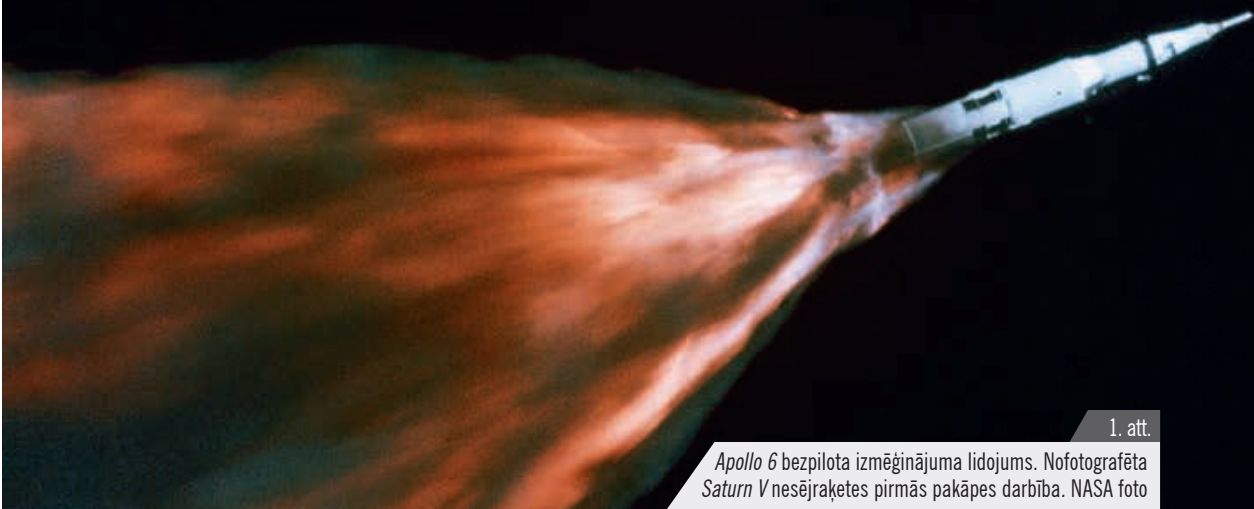
Vēloties sasniegt 17 km/s ar tādiem petrolejas-skābekļa dzinējiem, ar kādiem 1961. gadā lidoja Jurijs Gagarins, varam to uguns izplūdes ātrumu (3,09 km/s) ievietot Ciolkovska formulā un novērtēt raķetes starta masas attiecību pret tukšo masu:

Starta masa/tukšā masa = $e^{(17/3,09)} = 245$.

Tātad Mēness ekspedīcijām paredzēta petrolejas-skābekļa raķete nevar nogādāt uz Mēness un atpakaļ kuģi, kas sver vairāk par 0,4% no raķetes starta masas, pat ja tā ir daudzpakāpju raķete, kura lidojuma gaitā nomet liekos dzinējus un degvielas tvertnes. Padomju inženieru pūles 20. gadsimta septiņdesmito gadu sākumā radīt Mēness ekspedīcijām piemērotu

petrolejas-skābekļa raķeti N-1 vainagojās ar vairākiem neparastiem tehniskajiem risinājumiem, turklāt N-1 raķetes vilces spēks starta brīdī par 29% pārspēja *Saturn V* raķeti. Tomēr N-1 raķetes projekts vairākus gadus balansēja uz tehnisko un finansiālo iespēju robežas, līdz tika izbeigts un izdzēsts no vēstures lappusēm.

“Ūdeņradim kā raķešdegvielai nav perspektīvu,” esot izteicies Valentīns Gluško*, galvenais tā laika padomju raķešdzinēju konstruktors. Varbūt viņam toreiz neizdevās izstrādāt ūdeņraža turbosūkņus, vai arī metāli saskarē ar karstu ūdeņradi kļuva trausli, un petroleja bija piemērotāka, lai dzesētu dzinēja sadegšanas kameru un sprauslu. Tajā pašā laikā amerikāņiem izdevās radīt piemērotus sakausējumus un paņēmienus drošam darbam ar sašķidrinātu ūdeņradi, sākumā izveidojot 7 tonnu vilces RL10 dzinēju augšējām raķešpakāpēm *Centaur*, pēc tam 100 tonnu vilces J-2 dzinējus *Saturn V* nesējraķetes otrajai un trešajai pakāpei.



1. att.

Apollo 6 bezpilota izmēģinājuma lidojums. Nofotografēta Saturn V nesējraķetes pirmās pakāpes darbība. NASA foto

Ūdeņraža-skābekļa dzinēji ir efektīvāki tāpēc, ka ūdeņraža degšanas radītā temperatūra ir augstāka (3200 °C), bet degšanas produkta – ūdens tvaika – molekulas ir vieglākas par ogļskābās gāzes molekulām, tāpēc konkrētajā temperatūrā kustas ātrāk un var dot ātrāku uguns strūklu (J-2 dzinējs vakuumā – 4,13 km/s). Vieglākas sadegšanas produktu molekulas arī rada lielāku spiedienu un/vai tilpumu uz noteiktu degvielas un oksidētāja masu, kas ir būtiski raķetes efektivitātei.

Tā kā ūdeņradis ir daudz vieglāks par petroleju, to ir izdevīgi izmantot raķešu augšējās pakāpēs, kuru pacelšanā no Zemes un paātrināšanā ir jāiegulda vairāk enerģijas, nekā satur to degviela.



2. att.

Saturn nesējraķešu augšējā pakāpe S-IVB izmantoja vienu J-2 ūdeņraža-skābekļa dzinēju. NASA foto





3. att.

Saturn V nesējraķetes otrā pakāpe, kuru bija plānots izmantot atceltajai Apollo 18 ekspedīcijai uz Mēnesi. National Air and Space Museum - Smithsonian Institution foto

Ūdeņraža izmantošanai pirmajā pakāpē ir trūkumi, jo tā zems blīvums (71 kg/m^3) prasa milzīgu degvielas tvertni, bet tieši pirmās pakāpes diametrs ierobežo raķetes aerodinamisko efektivitāti. Visi šie apsvērumi tika ņemti vērā, projektējot *Saturn V* nesējraķetes. Pirmo pakāpi bija vieglāk darbināt ar blīvo, kompakto petrolejas-skābekļa degvielu, kas arī ir piemērotāka lieljaudas turbosūkņiem un dzinēju dzesēšanai. Tomēr pirmā pakāpe ar savu fantastisko 3580 tonnu vilces spēku astronautus paātrināja tikai par 2,3 km/s, kas bija maza daļa no ekspedīcijai nepieciešamā ātruma budžeta. Smagajai

TĀ KĀ ŪDEŅRADIS IR DAUDZ VIEGLĀKS PĀR PETROLEJU, TO IR IZDEVĪGI IZMANTOT RAĶEŠU AUGŠĒJĀS PAKĀPĒS.

raķetei lēnām paceļoties, lielākā daļa enerģijas tika patērēta gravitācijas pārvarēšanai, nevis horizontālam paātrinājumam. Tā jauda, kas pārvērtās raķetes kinētiskajā enerģijā, tika ieguldīta lielākoties otrās un trešās pakāpes degvielas paātrināšanā, dodot šīm pakāpēm augstāku efektivitāti, ja rēķinām to sniegumu ar Zemi saistītā atskaites sistēmā.

Otrā *Saturn V* nesējraķetes pakāpe ar pieciem *J-2* dzinējiem, lai arī ne tik masīva kā

pirmā pakāpe, bija tehniski tikpat sarežģīta, un 91,6% no tās pilnās masas veidoja šķidrāis skābeklis un ūdeņradis. Sadedzinot šo degvielu, astronauti ieguva 4,1 km/s papildus ātrumu. Ar to vēl nepietika, lai kuģi ievadītu zemā orbītā ap Zemi, un tika iedarbināta trešā pakāpe ar vienu *J-2* dzinēju, kas darbojās tikai divarpus minūtes un deva pusotru kilometru sekundē, līdz tika sasniegta bāzes orbīta, bet lielāko daļu degvielas saglabāja nedaudz vēlākam

sešu minūšu manevram, kas deva 3,25 km/s un ievadīja kuģi trajektorijā uz Mēnesi. Līdz ar to tieši puse no Mēness ekspedīciju kopējā ātruma budžeta tika iegūta ar *J-2* ūdeņraža-skābekļa dzinējiem.

Vismaz tāds bija lidojuma nominālais plāns, un pārliecība par *Saturn V* nesējraķešu konstrukciju bija radusies sekmīgajā *Apollo 4* bezpilota izmēģinājuma lidojumā 1967. gada 9. novembrī. Pirms raķetei uzticēt astronautu un, iespējams, visas programmas likteni, bija ielānots vēl viens izmēģinājums, šoreiz *Apollo* kuģi bezpilota režīmā sūtīt iedomātā trajektorijā uz Mēnesi. Tas ne tikai ļautu vēlreiz pārbaudīt nolaižamās kapsulas siltumaizsardzības vairogu, ar 11 km/s ātrumu ieejot Zemes atmosfērā, bet arī izmēģināt kosmisko sakaru un navigācijas aparātūras precizitāti.

Lai izpildītu šos uzdevumus, 1968. gada 4. aprīlī no Floridas tika palaists izmēģinājuma lidojums – *Apollo 6*. Negaidīti piedzīvojumi sākās jau lidojuma 105. sekundē. Pirmās pakāpes dzinēju jaudas svārstības izrādījās rezonansē ar degvielas padeves caurulēm, kuras sāka trīcēt kā ērģeļu stabules ar 5 hercu frekvenci, un svārstīgā degvielas plūsma pastiprināja dzinēju jaudas vibrācijas. Ja *Apollo* komandmodulī būtu bijuši astronauti, viņi piedzīvotu 5 Hz vibrācijas ar nepanesamu 0,6 g paātrinājumu, un nāktos kuģi katapultēt, kaut vai tāpēc, ka vibrāciju dēļ varētu gaidīt drīzu raķetes eksploziju.

Bezpilota *Apollo 6* misija netika pārtraukta, kaut arī vibrāciju dēļ raķete pazaudēja dažus apšuvuma paneļus. Pēc pirmās pakāpes nomešanas sākās problēmas ar otro pakāpi. Vienam no *J-2* dzinējiem vibrācijas dēļ bija bojāta aizdedzes sistēmas ūdeņraža padeves caurule, un tas noveda pie tīra skābekļa padeves caur aizdedzes sistēmu, kas izraisīja neatgriezeniskus šā dzinēja bojājumus. Borta datoram reagējot uz situāciju un izslēdzot bojāto *J-2* dzinēju, izrādījās, ka elektriskie kabeli ir savienoti kļūdaini, un nepamatoti tika izslēgts vēl viens *J-2* dzinējs. Tādējādi otrā pakāpe pūlējās savu misiju izpildīt ar trim dzinējiem piecu vietā. Zemāka jauda nozīmē vājāku un ilgāku paātrinājumu, kura laikā Zemes gravitācija darīja savu un vilka raķeti atpakaļ atmosfērā. Lai kompensētu otrās pakāpes vājo sniegumu, trešā pakāpe automātiski tika darbināta ilgāk, un pēc orbītas sasniegšanas vairs nepietika degvielas, lai *Apollo 6* kuģis dotos uz Mēnesi. Tādā ziņā *Apollo 6* iekļuva vēsturē kā vienīgais neveiksmīgais *Saturn V* nesējraķetes starts. Lai no radušās situācijas tomēr gūtu kādu labumu, *Apollo 6* misijas profils tika pārprogrammēts pēc *Apollo 4* parauga, un ar komandmoduļa dzinēju orbīta tika pacelta līdz 22 000 kilometru apogejam, kam sekoja ieiešana atmosfērā ar 10 km/s ātrumu, lai vēlreiz izmēģinātu siltumaizsardzības vairogu un citas nolaišanās sistēmas.

Atskatoties vēsturē uz šiem notikumiem pirms 50 gadiem,

nevar nepamanīt, cik ātrs bija raķešu tehnoloģijas progress: iespaidīgie 100 tonnu vilces *J-2* dzinēji no agrinās koncepcijas 1960. gadā tika izstrādāti līdz gatavībai lidojumam 1966. gadā, pēdējo lidojumu tie veica 1973. gadā. Kad NASA 2007. gadā paziņoja par savu ieceri izmantot uzlabotus *J-2* dzinējus nākotnes smagsvara nesējraķetēs, to varēja vērtēt kā drošu, ātru un lētu risinājumu. Diemžēl modernizācijas programma ar visu 1,2 mljrd. dolāru budžetu izrādījās nepaceļama, un *J-2X* dzinēji pēc 11 gadu izstrādes nav tikuši tālāk par stenda izmēģinājumiem. Tomēr ūdeņraža-skābekļa dzinēju tehnoloģijas tagad ir plaši izplatītas, un tādus dzinējus ražo gan ASV firmas (*RL10*, *RS-68*, *BE-3* dzinēji), gan Francija, Krievija, Ķīna, Indija un Japāna. Tātad Mēness ekspedīcijas tehniski joprojām ir iespējamas, trūkst vienīgi motivācijas. 🐼



Avoti:

NASA ziņojums par rezonansu izraisītām pilotējamā raķešu vibrācijām: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20080018689.pdf>

Apollo 6 publicitātes filma: <https://www.youtube.com/watch?v=GAZsfGjjgz>

J-2X dzinēja stenda izmēģinājums: <https://www.youtube.com/watch?v=J9FOWzdV4fl>

* Sk. *Stradiņš J.* Par "Zvaigžņoto Debēsi", Frīdrihu Canderu, Valentīnu Gluško un kādu polemiku. – *Zvaigžņotā Debess*, 1995/96, Ziema (150), 4.–11. lpp.

Latvijas 46. atklātā

2018. GADA 17. UN
21. APRĪLĪ NORISINĀJĀS
LATVIJAS 46. ATKLĀTĀ SKOLĒNU
ASTRONOMIJAS OLIMPIĀDE.
TO ORGANIZĒJA LATVIJAS
ASTRONOMIJAS BIEDRĪBA
(LAB), LATVIJAS UNIVERSITĀTES
(LU) FIZIKAS UN MATEMĀTIKAS
FAKULTĀTE UN FRĪDRIHA
CANDERA KOSMOSA IZPĒTES
MŪZEJS SADARBĪBĀ AR SIA
OMICRON (INTERNETA VEIKALU
WWW.IESKĀTIES.LV) UN
ŽURNĀLU
ZVAIGŽNOTĀ DEBESS.



2. att.

Olimpiādes uzvarētājs Artūrs Babris
(otrais no labās) un godalgoto vietu ieguvēji.



1. att.

Olimpiādes otrās kārtas dalībnieki LU Vēstures muzeja zālē.

skolēnu olimpiāde

Olimpiādes pirmajā kārtā, kas tika rīkota tiešsaistē, piedalījās 87 skolēni, kas bija rekords salīdzinājumā ar iepriekšējiem trijiem gadiem. Dalībnieku pārstāvēto Latvijas pilsētu skaits bija plašs, olimpiādē piedalījās skolēni no Aizkraukles, Bauskas, Cēsīm, Daugavpils, Jelgavas, Jūrmalas, Liepājas, Rēzeknes, Rīgas un Valmieras. Visvairāk dalībnieku olimpiādes pirmajā kārtā bija no Rīgas Valsts 1. ģimnāzijas, kuru pārstāvēja 31 skolēns. Pirmajā kārtā olimpiādes dalībnieki risināja piecus uzdevumus, no kuriem pirmais bija testa formātā, pārējo uzdevumu atbildes bija jāiegūst, veicot skaitliskus aprēķinus. Līderpozīcijā pēc pirmās kārtas izvirzījās Rīgas Valsts 1. ģimnāzijas 12. klases skolnieks Ēriks Vilunas, iegūstot 40 punktus no 45 iespējamajiem. Otro vietu ar 39 punktiem dalīja Rīgas Valsts 1. ģimnāzijas 12. klases skolnieks Mārtiņš Mežulis un RTU Inženierzinātņu vidusskolas 12. klases skolnieks Ernests Auziņš. Uz olimpiādes otro, klātienēs kārtu,

kas norisinājās LU Muzeja zālē, tika aicināti 25 skolēni, kuri bija uzrādījuši labākos rezultātus pirmajā kārtā. Bez Rīgas Valsts 1. ģimnāzijas un RTU Inženierzinātņu vidusskolas audzēkņiem otrajā kārtā piedalījās arī Draudzīgā Aicinājuma Cēsu Valsts ģimnāzijas, Daugavpils Valsts ģimnāzijas, Rēzeknes 5. vidusskolas, Valmieras Valsts ģimnāzijas un Rīgas Franču liceja skolēni (*sk. 1. att.*).

Šajā kārtā, kas otro gadu pēc kārtas tika rīkota viktorīnas formātā, dalībnieki atbildēja uz dažādiem ar astronomiju saistītiem jautājumiem, pareizo atbilžu variantu izvēlei izmantojot balsošanas pultis. Otrās kārtas noslēdzošā ceturto posmu sasniedza pieci skolēni. Nobeigumā visvairāk punktu (36) ieguva Rīgas Valsts 1. ģimnāzijas 12. klases skolnieks Artūrs Babris. Ar 29 punktiem sekoja Ēriks Vilunas, Ernests Auziņš ieguva 28 punktus. Kopvērtējumā par olimpiādes uzvarētāju, iegūstot 70 punktus, kļuva Artūrs Babris. Otro vietu ar 68 punktiem dalīja Ēriks Vilunas un

Ernests Auziņš, trešajā vietā ar 60 punktiem ierindojās Rēzeknes 5. vidusskolas 11. klases skolniece Līga Pentjuša un Rīgas Valsts 1. ģimnāzijas 12. klases skolnieks Roberts Fišers. Atzinība tika izteikta Mārtiņam Mežulim, Draudzīgā Aicinājuma Cēsu Valsts ģimnāzijas 10. klases skolniekam Matīsam Platacim un RTU Inženierzinātņu vidusskolas 10. klases skolniekam Mihailam Štolcam, kuri ieguva 56 punktus. Noslēgumā olimpiādes godalgoto vietu ieguvēji saņēma LAB diplomus, *Zvaigžņotās Debess* numurus un citas olimpiādes organizatoru sarūpētās balvas. Ernests Auziņš saņēma arī galveno balvu no *SIA Omicron – 70 mm refraktoru Sky Watcher* (*sk. 2. att.*). Informācija par Latvijas 46. atklāto skolēnu astronomijas olimpiādi pieejama LAB mājaslapas www.lab.lv sadaļā *Olimpiādes*. Šajā pašā sadaļā būs atrodama informācija arī par nākamo Latvijas 47. atklāto skolēnu astronomijas olimpiādi, kas tiks rīkota 2019. gada pavasarī.

OLIMPIĀDES UZDEVUMI UN ATRISINĀJUMI

1. UZDEVUMS. TESTS

(pareizās atbildes izceltas)

1. Gaisma no Saules līdz Zemei atnāk 8 minūtēs 19 sekundēs. Līdz kuram debess ķermeņim Saules sistēmā Saules gaisma iet piecarpus stundas?

- a) Mēness
- b) Saturns
- c) Urāns
- d) **Plūtons**

2. Kuras no planētām būs labi redzamas 2018. gada naktī no 17. aprīļa uz 18. aprīli laikā no plkst. 22^h38^m līdz 3^h35^m, ja debesis būs skaidras?

- a) Venera, Marss un Jupiters
- b) **Marss, Jupiters un Saturns**
- c) Jupiters, Saturns un Venera
- d) Saturns, Venera un Marss

3. Kā sauc attēlā redzamo astronomisko instrumentu?

- a) sekstants
- b) teodolīts
- c) **astrolābija**
- d) universālais instruments

4. Cik ilgā laikā starptautiskā kosmiskā stacija apriņķo Zemi?

- a) 24 stundās
- b) **1,5 stundās**
- c) 12 stundās
- d) 6 stundās

5. 2008. gadā ar Habla teleskopu tika uzņemts pirmās eksoplanētas foto redzamās gaismas diapazonā. Kā sauc šo eksoplanētu?

- a) HD 108874 c
- b) Tatooine
- c) 51 Pegasi b
- d) **Formalhaut b**

6. Ar cik lielu ātrumu Perseīdu meteoroīdi sasniedz Zemes atmosfēru?

- a) **59 km/s**
- b) 100 m/s
- c) 6,4 km/s
- d) ar gaismas ātrumu

7. Kas notiek galaktiku sadursmju rezultātā?

- a) Galaktikas izjūk, paliek atsevišķas zvaigznes.
- b) Galaktikas apvienojas un izveidojas viena lielāka galaktika.
- c) Galaktikas iziet viena otrai cauri un paliek tādas pašas kā pirms sadursmes.
- d) Galaktiku sadursmes nenotiek.

8. Franču astronoms Šarls Mesjē (*Charles Messier*)

1774. gadā publicēja miglāju un zvaigžņu kopu katalogu, kurā 1. numurs tika piešķirts miglājam, kas mūsdienās pazīstams kā supernovas paliekas. Pētījumos tika noskaidrots, ka šī supernova uzliesmošanas brīdī bija tik spoža, ka to varēja novērot pat dienas laikā. Kurā gadā bija novērojama šī supernova?

- a) mūsu ēras 1. gadā
- b) 653. gadā
- c) **1054. gadā**
- d) 1750. gadā

9. Kā sauc zvaigznāju, kurā atrodas zvaigzne, kuras viens no nosaukumiem tulkojumā no arābu valodas ir Amazones zvaigzne, tulkojumā no latīņu valodas – sieviete karotāja? Šī zvaigzne tika izmantota kā viena no četrām šā zvaigznāja navigācijas zvaigznēm.

Zvaigznes vārdu vienai no varonēm deva arī britu rakstniece Džoanna Ketlīna Roulinga grāmatu sērijā par Hariju Poteru.

- a) Vēzis
- b) **Orions**
- c) Lauva
- d) Dienvidu Krusts

10. Ar šo kosmisko aparātu tika veikti detalizēti komētas virsmas pētījumi, bet pa ceļam uz savas misijas galveno objektu kosmiskais aparāts palidoja garām diviem asteroīdiem un ieguva šo asteroīdu attēlus. Viens no šiem asteroīdiem ir nosaukts ievērojama latviešu astronoma vārdā. Kā sauca kosmisko aparātu?

- a) Giotto
- b) Stardust
- c) Cassini
- d) **Rosetta**

2. UZDEVUMS

Astronauts uz Marsa

Astronauts, kas atradās uz Marsa, novēroja divas planētas – Zemi un Jupiteru.

Planēta	Aprīņošanas periods T	Orbītas lielā pusass	Orbītas ekscentricitāte
Zeme	365 diennaktis	1,000 au	0,017
Marss	687 diennaktis	1,524 au	0,093
Jupiter	4332 diennaktis	5,204 au	0,049

I. Astronauts novēroja Zemi augšējā konjunktijā un Jupiteru opozīcijā.

A. Vai, raugoties no Marsa, Zeme ir iekšējā vai ārējā planēta?

Atbilde. Raugoties no Marsa, **Zeme ir iekšējā planēta.**

B. Pēc cik Zemes diennaktīm Zeme atkal atradīsies augšējā konjunktijā?

Atbilde. Zeme atradīsies tādā pašā pozīcijā pēc viena sinodiskā perioda S_Z . Šo periodu aprēķina pēc formulas

$$\frac{1}{S_Z} = \frac{1}{T_Z} - \frac{1}{T_M}$$

Skaitliski

$$\frac{1}{S_Z} = \frac{1}{365} - \frac{1}{687} = \frac{1}{779}$$

Tātad Zeme atkal atradīsies augšējā konjunktijā pēc **779 diennaktīm.**

C. Pēc cik Zemes diennaktīm Jupiteris atkal atradīsies opozīcijā?

Atbilde. Jupiteris atradīsies opozīcijā pēc viena sinodiskā perioda S_J .

Šo periodu aprēķina pēc formulas

$$\frac{1}{S_J} = \frac{1}{T_M} - \frac{1}{T_J} = \frac{1}{687} - \frac{1}{4332} = \frac{1}{816}$$

Tātad Jupiteris atkal atradīsies opozīcijā pēc **816 diennaktīm.**

D. Vai Zeme un Jupiteris bija redzami vienlaikus?

Atbilde. Zeme atradās tieši pie Saules, bet Jupiteris – pretējā pusē Saulei. **Kad Zeme riet, Jupiteris lec, tāpēc vienlaikus tie nebija redzami.**

II. Novērojumu laikā Zeme atradās afēlijā, Jupiteris – perihēlijā. Marsa attālums no Saules bija vidējs.

A. Cik tālu no Marsa atradās Zeme?

Atbilde. Zemes attālums no Saules afēlijā ir $r_z = 1(1 + 0,017) = 1,017$ au. Marsa attālums no Saules ir vienāds ar tā orbītas lielo pusasi ($r_M = 1,524$ au).

Līdz ar to Zemes attālums no Marsa afēlijā un augšējā konjunkcijā ir vienāds ar $d_M = 1,524 + 1,017 = 2,541$ au.

B. Cik tālu no Marsa atradās Jupiteris?

Atbilde. Jupitera attālums no Saules perihēlijā ir $r_j = 5,204(1 - 0,049) = 4,949$ au. Jupitera attālums no Marsa perihēlijā un opozīcijā ir vienāds ar $d_j = 4,949 - 1,524 = 3,425$ au.

C. Vai Marss atrastos vēl tuvāk Jupiteram, ja tas būtu afēlijā vai perihēlijā?

Atbilde. Marss atrastos vēl tuvāk Jupiteram, ja Marss atrastos afēlijā.

III. Novērojumu laikā Zemes absolūtais zvaigžņlielums bija $28^m,5$; Jupitera absolūtais zvaigžņlielums – $26^m,3$. Vienā parsekā ir 206 265 astronomiskās vienības.

A. Cik spoži pie Marsa debesīm spīdēja Zeme?

Atbilde. Redzamo zvaigžņlielumu aprēķina, izmantojot formulu $m = M - 5 + 5 \lg d$, kur M ir absolūtais zvaigžņlielums un d ir attālums līdz spīdeklim parsekos. Zemes redzamais zvaigžņlielums ir vienāds ar $m_z = 28,5 - 5 + 5 \lg(2,541 / 206\,265) = 23,5 - 24,5 = -1^m$.

B. Cik spoži pie Marsa debesīm spīdēja Jupiteris?

Atbilde. Jupitera redzamais zvaigžņlielums ir vienāds ar $m_j = 26,3 - 5 + 5 \lg(3,425 / 206\,265) = 21,3 - 23,9 = -2^m,6$.

C. Kurš debess spīdekļis, neskaitot Sauli, pie Marsa debesīm ir visspožākais – Jupiteris, Zeme, Foboss vai Venera?

Atbilde. Literatūrā un interneta resursos ir iespējams atrast, ka Fobosa spožums sasniedz -9 . zvaigžņlielumu. Nākamais pēc spožuma Marsa debesis ir Deimoss (-5 . zvaigžņlielums).

3. UZDEVUMS Asteroīds

Zemes atmosfērā ar 20 km/s lielu ātrumu ielidoja asteroīds. Tam uzsprāgstot, izdalījās 15 kilotonnu TNT ekvivalenta liels enerģijas daudzums, t. i., $6,3 \cdot 10^{13}$ J. Šis enerģijas daudzums bija tikpat liels kā Hirosimas atomsprādzienā. Tika izmērīts uz Zemes nokritušā meteorīta blīvums ρ , un tas bija 4 g/cm^3 . Pieņemsim, ka sprādzienā transformējās 50% no objekta kinētiskās enerģijas.

I. Cik liela bija asteroīda masa?

Atbilde. Kinētiskā enerģija ir vienāda ar

$$E_{kin} = \frac{mv^2}{2}$$

Tā kā sprādzienā transformējās $k = 50\%$ no asteroīda kinētiskās enerģijas, tad

$$E_{sprādziena} = kE_{kin} = k \frac{mv^2}{2}$$

No šīs formulas iegūst asteroīda masu

$$m = \frac{2E_{kin}}{kv^2} = \frac{2 \cdot 6,3 \cdot 10^{13}}{0,5(20 \cdot 10^3)^2} = \mathbf{630 \text{ tonnas.}}$$

II. Cik liels bija asteroīda tilpums?

Atbilde. Asteroīda tilpums ir vienāds ar

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{630000}{4000} = \mathbf{157,5 \text{ m}^3}.$$

III. Novērtējiet asteroīda sākotnējo diametru!

Atbilde. Tā kā asteroīda tilpums

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3,$$

taid asteroīda rādiuss ir vienāds ar

$$R = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}}$$

Asteroīda diametrs ir vienāds ar

$$D = 2R = 2\sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} = 2\sqrt[3]{\frac{3 \cdot 157,5}{4 \cdot 3,14}} =$$

$$= \mathbf{6,7 \text{ m.}}$$

4. UZDEVUMS

Saule

Saules enerģijas avots ir kodoltermiskās reakcijas, kurās vieglākie kodoli savienojas smagākos, kas ir enerģētiski izdevīgāki, un enerģijas starpība izdalās siltuma veidā. Četriem protoniem savienojoties, hēlija kodolos rodas vairāk nekā 99% enerģijas, kas izdalās siltuma veidā. Saules jauda $P = 3,828 \cdot 10^{26}$ W, Saules masa $M = 1,99 \cdot 10^{30}$ kg.

I. Saules masa samazinās laikā atbilstoši Einšteina masas-enerģijas ekvivalences formulai $E = mc^2$.

A. Noteikt, cik lielu masu Saule zaudē (t. i., izstaro) ik sekundi šā efekta dēļ.

Atbilde.

Tā kā $m = \frac{E}{c^2}$, masas zudumi ik sekundi ir vienādi ar

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{E}{\Delta t c^2} = \frac{P}{c^2} = \frac{3,828 \cdot 10^{26}}{(3 \cdot 10^8)^2} =$$

$$= \mathbf{4,25 \cdot 10^9 \text{ kg/s.}}$$

B. Novērtēt procentuāli, cik liela Saules masas daļa ir tikusi izstarota Saules dzīves laikā (4,5 miljardi gadu)! Pieņemt, ka Saules jauda nav mainījusies.

Atbilde. Izstarotā Saules masas daļa ir vienāda ar

$$\frac{\Delta m}{M} = \frac{\Delta m}{\Delta t} \cdot \frac{T}{M} =$$

$$= \frac{4,25 \cdot 10^9 \cdot 4,5 \cdot 10^9 [\text{gadi}] \cdot 3,156 \cdot 10^7 [\text{sek/gadā}]}{1,99 \cdot 10^{30}} =$$

$$= 30,33 \cdot 10^{-5} = 30,33 \cdot 10^{-3} \% = \mathbf{0,03\%}.$$

C. Noteikt kopējo enerģiju, kuru Saule ir izdalījusi dzīves laikā!

Atbilde. Kopējā izdalītā enerģija ir vienāda ar

$$E = PT = 3,828 \cdot 10^{26} \cdot$$

$$\cdot 4,5 \cdot (10)^9 [\text{gadi}] \cdot 3,156 \cdot (10)^7 [\text{sek/gadā}] =$$

$$= \mathbf{5,44 \cdot 10^{43} \text{ J.}}$$

II. Saules evolūcijas sākumā 75% no tās masas veidoja ūdeņradis, kura atommasa

$$m_H = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg. Pieņemt, ka Saules masa}$$

$$\text{ir } M = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg.}$$



A. Cik daudz ūdeņraža atomu bija Saulē evolūcijas sākumā?

Atbilde. Atomu skaits ir vienāds ar

$$N = \frac{0,75M}{1,673 \cdot 10^{-27}} = \frac{0,75 \cdot 2 \cdot 10^{30}}{1,673 \cdot 10^{-27}} =$$

$$= 8,96 \cdot 10^{56} \text{ atomu.}$$

B. Kad četri ūdeņraža kodoli pārvēršas vienā hēlija kodolā, izdalās $\varepsilon = 26,73$ MeV enerģijas, kur $1 \text{ MeV} = 1,602 \cdot 10^{-13} \text{ J}$. Cik protonu pārvēršas vienā hēlija kodolā ik sekundi?

Atbilde. Protonu skaits ir vienāds ar

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{4P}{\varepsilon} = \frac{4 \cdot 3,828 \cdot 10^{26}}{26,73 \cdot 1,602 \cdot 10^{-13}} =$$

$$= 3,57 \cdot 10^{38} \text{ protoni/sek.}$$

C. Cik liela kopējā enerģija izdalītos, ja viss Saulē esošais ūdeņradis pārvērstos hēlijā?

Atbilde. Kopējās enerģijas daudzums ir vienāds ar

$$E = \frac{N}{4} \cdot \varepsilon = \frac{8,96 \cdot 10^{56} \cdot 26,73 \cdot 1,602 \cdot 10^{-13}}{4} =$$

$$= 9,59 \cdot 10^{44} \text{ J.}$$

D. Cik ilgi Saule spīdētu, līdz viss tās ūdeņradis būtu iztērēts? Pieņem, ka Saules jauda ir konstanta un vienāda ar $P = 3,828 \cdot 10^{26} \text{ W}$.

Atbilde. Maksimālais Saules spīdēšanas ilgums būtu vienāds ar

$$T_{max} = \frac{E}{P} = \frac{9,59 \cdot 10^{44}}{3,828 \cdot 10^{26}} = 2,5 \cdot 10^{18} \text{ sek} =$$

$$= \frac{2,5 \cdot 10^{18}}{3,156 \cdot 10^7} = 79,2 \text{ mljrd. gadu.}$$

E. Cik liela ūdeņraža daļa ir tikusi iztērēta Saules evolūcijas laikā (t. i., 4,5 miljardu gadu laikā)?

Atbilde. Iztērētā ūdeņraža daļa ir vienāda ar

$$p = \frac{4,5}{79,2} = 5,68\%.$$

5. UZDEVUMS

Starman

2018. gada 6. februārī tika palaists *Falcon Heavy* raķešnesējs, kas liela neveiksmes riska dēļ necēla augšā nevienu zinātniski vērtīgu instrumentu, taču izveda heliocentriskā orbītā automašīnu *Tesla* ar manekenu *Starman*. Šajā uzdevumā tiks aplūkota tā orbīta.

I. Pēc NASA JPL aprēķiniem, *Starman* trajektorijas perihēlija attālums ir $r_p = 0,9861$ au, afēlija attālums ir $r_a = 1,6637$ au.

A. Cik liela ir *Starman* orbītas lielā pusass?

Atbilde. *Starman* orbītas lielā pusass ir vienāda ar

$$a = \frac{r_p + r_a}{2} = 1,3249 \text{ au.}$$

B. Cik liela ir *Starman* orbītas ekscentricitāte?

Atbilde. *Starman* orbītas ekscentricitāte ir vienāda ar

$$e = \frac{r_a - r_p}{2a} = 0,2557.$$

C. Cik liels ir *Starman* orbītas orbitālais periods?

Atbilde. *Starman* orbītas orbitālais periods ir vienāds ar $T = a^{3/2} = 1,525$ gadi.

II. Veicot divus pilnus apriņķojumus (aptuveni pēc trim gadiem), *Starman* pietuosies relatīvi

tuvu Zemei. Noteikt aptuveno datumu, kad *Starman* būs paveicis pirmos divus apriņņojumus ap Sauli!

Atbilde. Divi orbitālie periodi ir 3,05 gadi (3 gadi un 18,25 dienas). Pieskaitot šo periodu pie 2018. gada 6. februāra, iegūst 2021. gada 24. vai 25. februāri.

III. Tuvākā *Starman* pārlidošana tuvu Zemei tiek sagaidīta 2091. gadā.

A. Cik reizi Zeme apriņņos ap Sauli līdz šim pārlidošanas brīdim?

Atbilde. Zemes apriņņojumu skaits būs vienkārši ar $N_z = 2091 - 2018 = 73$ reizes.

B. Cik reizi *Starman* apriņņos ap Sauli līdz šim pārlidošanas brīdim?

Atbilde. *Starman* apriņņojumu skaits būs vienkārši ar $N_{Starman} = 73 / 1,525 = 48$ reizes.

IV. Dažas dienas pēc raķetes palaišanas *Starman* tika novērots *The Virtual Telescope* projektā. Novērojuma laikā attālums līdz *Starman* bija aptuveni 0,47 milj. km un tā zvaigžņlielums bija +15^m,5.

A. Novērtēt *Starman* pašreizējo zvaigžņlielumu, kad tas atrodas aptuveni 15 milj. km attālumā no Zemes! Neievērot *Starman* attāluma no Saules izmaiņas!

Ņemt vērā, ka redzamais objekta spožums ir apgriezti proporcionāls tā attāluma kvadrātam (apgriezto kvadrātu likums).

Atbilde. *Starman* spožumu attiecība ir vienkārši ar

$$\frac{F_1}{F_2} = \left(\frac{15}{0,47} \right)^2 = 1018.$$



Saskaņā ar Pogsona formulu *Starman* spožums ir vienkārši ar

$$m_2 = m_1 + 2,5lg \frac{F_1}{F_2} = 15,5 + 7,5 = 23^m.$$

B. Vai *Starman* 15 milj. km attālumā no Zemes bija novērojams ar neapbruņotu aci?

Atbilde. Nē. 🌑

Mēness varavīksnes novērojums

2017. gada 8. oktobrī

VARAVĪKSNĪ DIENAS LAIKĀ IR REDZĒJIS IKVIENS NO MUMS,
BET TIKAI DAŽIEM IR SANĀCIS TO REDZĒT NAKTĪ.

1. att.

Mēness varavīksne uzņemta Papes ornitoloģisko pētījumu centrā Rucavas novadā 08.10.2017. plkst. 22h47m. Fotoaparāts: Canon EOS 500D; objektīvs: Canon EF-S 18-55 mm IS; diafragmas atvērums: 3.5; ISO: 800. Ekspozīcijas ilgums: 25 sek.

Pērn 8. oktobrī Papes ornitoloģisko pētījumu centrā, veicot naktī migrējošo putnu uzskaiti, ievēroju, ka iepriekš debesīs esošos gubu mākoņus pakāpeniski sāk nomainīt gubu-lietus mākoņi. Brīžiem starp gubu-lietus mākoņiem pavidēja Mēness un zvaigžņota debess. Iztālēm jau bija manāmas lietus



šaltis, tāpēc, redzot tās kopā ar spožu Mēnesi, bija skaidrs, ka ir labvēlīgi apstākļi, lai veidotos Mēness varavīksne. Līdz šim to biju redzējis vienu reizi, pirms deviņiem gadiem, arī Papē, virs jūras, kad nelielā attālumā garām gāja neliels negaiss. Varavīksne parādījās ļoti īslaicīgi, uz dažām minūtēm. Pabeidzis putnu uzskaiti, sagatavoju foto-tehniku un devos uz pludmali cerībā, ka kaut kas būs redzams. Tomēr apstākļi bija nelabvēlīgi, gubu-lietus mākoņi virzījās gar abām pusēm, bet ne pār manu atrašanās vietu. Pēc vairākiem mēģinājumiem, izejot jūras krastā, – beidzot, tur viņa bija! Pelēks, bet labi samanāms un plašs loks stiepās pār rietumu

Parādības retā sastopamība skaidrojama ar vairākiem faktoriem. Pirmais un nozīmīgākais – pilnmēness. Mēness gaisma, lai radītu Mēness varavīksni, ir pietiekami spoža pilnajā fāzē, kā arī aptuveni 72 stundas pirms un pēc pilnās fāzes, tāpat kopējais nakšu skaits gadā, kad parādība teorētiski varētu veidoties, ir diezgan liels. Tomēr novērošanas iespēju papildus samazina pilnībā apmākušās debesis, lietus neesamība īstajā vietā un laikā. Ziemā, kad nokrišņi izkrīt galvenokārt sniega veidā, Mēness varavīksne novērojama nebūs. Šo iemeslu dēļ faktiskais nakšu skaits ir neliels – dažas naktis gadā. Lai parādību novērotu, labākais laiks ir vasaras beigas un

MĒNESS VARAVĪKSNE PAMATOTI TIEK UZSKATĪTA PAR VIENU NO RETĀKAJĀM VARAVĪKSNĒM, TĀ NOVĒROJAMA TIKAI DAŽAS NAKTIS GADĀ.

pusēs debesīm. Ātri uzstādīju aparatūru, uztaisīju dažas bildes (sk. arī Astronomiskā kalendāra 2019 aizmugurējo vāku), kamēr no jūras nākoša mākoņa virsotne aizsedza Mēnesi, varavīksne izzuda, vēl pēc brīža sāka līt...

Varavīksni dienas laikā ir redzējis ikviens no mums, bet tikai dažiem ir sanācis to redzēt naktī. Mēness varavīksne pamatoti tiek uzskatīta par vienu no retākajām varavīksnēm, tā novērojama tikai dažas naktis gadā. Veidošanās princips gan tai ir tāds pats kā citām varavīksnēm – gaismas laušana un atstarošanās ūdens pilienos, tikai šajā gadījumā gaismas avots ir Mēness.

rudens sākums, tad, arktiskajām gaisa masām plūstot pār vēl silto Baltijas jūras ūdeni, norisinās aktīvi konvekcijas procesi un rodas nelieli, izolēti gubu-lietus mākoņi. Starp šiem gubu-lietus mākoņiem bieži ir skaidras debess laukumi, cauri kuriem var spīdēt Mēness.

Mēnesim ir jāatrodas novērotājam aiz muguras, un vēlams, lai tas būtu zemu virs horizonta. Ja Mēness augstums virs horizonta pārsniegs 42 loka grādus, varavīksne neveidosies. Novērotājam Mēness varavīksne izskatās kā neizteikts, pelēks loks, krāsas atklājas tikai garas ekspozīcijas bildēs. 🌒

DEBESS SPĪDEKLI 2018. gada RUDENĪ

Andromeda
Galaxy

Šogad **rudens ekvinokcijas** brīdis būs **23. septembrī plkst. 4^h54^m**. Saule ieies Svaru zodiaka zīmē (♎), un sāksies **astronomiskais rudens**. Vēl Saule pāries no debess sfēras ziemeļu puslodes uz dienvidu puslodi, un dienas kļūs īsākas par naktīm. Ziemas saulgrieži 2018. gadā būs 22. decembrī plkst. 0^h23^m. Saule ieies Mežāža zodiaka zīmē (♐), beigsies astronomiskais rudens, un sāksies astronomiskā ziema.

Pāreja no vasaras laika **uz joslas laiku** notiks naktī uz 28. oktobri.

Rudeņos Latvijā skaidrs laiks ir diezgan reti. Tomēr tajās reizēs, kad tas ir, zvaigžņotā debess atstāj diezgan lielu iespaidu,

sevišķi tad, ja zvaigznes var vērot laukos, kur netraucē elektriskais apgaismojums. Ogmelnajās debesīs tad ir redzami gandrīz visi iespējamie spīdekļi, Piena Ceļa joslu ieskaitot. Tāpēc viegli var rasties izjūtas par Visuma bezgalību un mūžību. Ne velti rudens ir laiks, kas pats par sevi vedina uz filozofiskām un garīgām pārdomām.

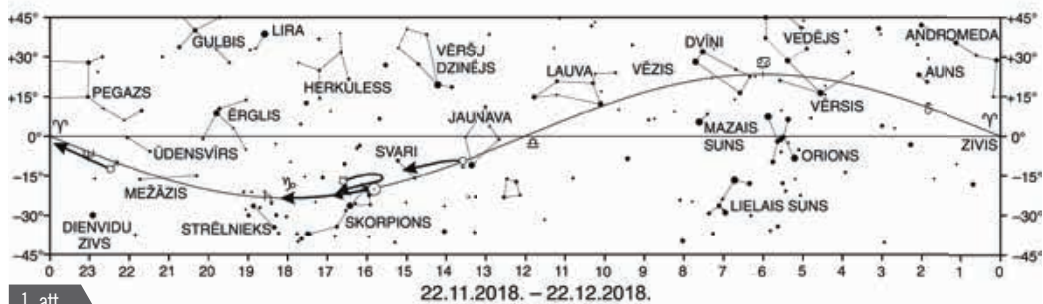
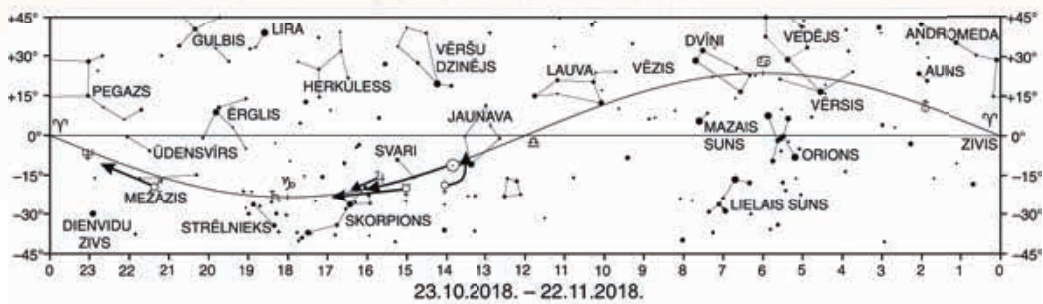
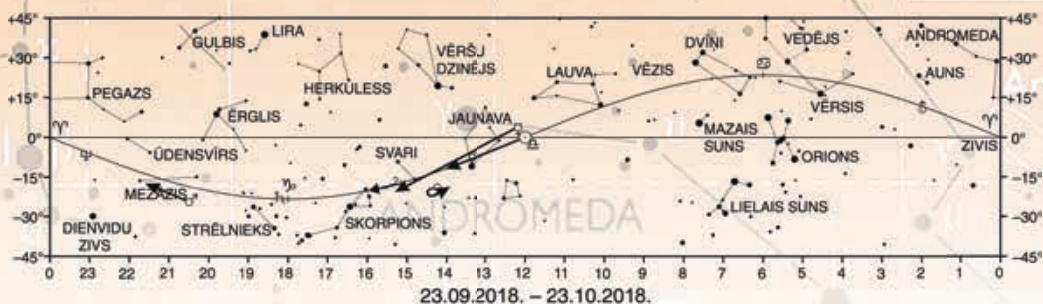
Rudens debesīs visvairāk izceļas Pegaza un Andromedas kvadrāts. Tāpēc tieši šos zvaigznājus var uzskatīt par raksturīgākajiem rudens zvaigznājiem, lai arī tajos nav spožāku zvaigžņu par +2m lielumu. Arī Auna, Trijstūra, Zivju, Valzivs, Mazā Zirga un Ūdensvīra zvaigznājos nav spožu zvaigžņu. Vienīgi Dienvidu Zivs spožākā zvaigzne Fomalhauts ir

pirmā lieluma zvaigzne. Tomēr tā pie mums pat kulminācijā ir redzama ļoti zemu pie horizonta (ne vairāk kā 3°).

Andromedas zvaigznājā atrodas slavenais Andromedas miglājs (M 31). To iespējams saskatīt pat ar neapbruņotu aci. Līdzīgs miglājs (galaktika) M 33 ar binokli saskatāms Trijstūra zvaigznājā. Spoža lodveida zvaigžņu kopa M 2 aplūkojama Ūdensvīra zvaigznājā un līdzīga M 15 – Pegaza zvaigznājā.

Rudens otrajā pusē pēc pusnakts labi redzami kļūst skais tie ziemas zvaigznāji – Orions, Vērsis, Dvīņi, Vedējs, Lielais Suns, Mazais Suns.

Saules šķietamais ceļš 2018. gada rudenī kopā ar planētām parādīs 1. attēlā.



1. att.

Eklīptika un planētas 2018. gada rudenī.

Planētas

Rudens sākumā **Merkuram** būs maza elongācija. Tāpēc septembra beigās un oktobrī tas nebūs redzams.

6. novembrī Merkurs nonāks maksimālajā austrumu elongācijā (23°). Tomēr tā novērošana novembra pirmās puses vakaros praktiski nebūs iespējama –

Merkurs rietēs drīz pēc Saules rieta. 27. novembrī tas nonāks apakšējā konjunkcijā ar Sauli (starp Zemi un to). Tāpēc arī novembra otrajā pusē un decembra sākumā Merkurs nebūs redzams.

15. decembrī tas atradīsies maksimālajā rietumu elongācijā (21°). Apmēram no 5. decembra

līdz pat rudens beigām to varēs mēģināt ieraudzīt rītos, neilgi pirms Saules lēkta, zemu pie horizonta, dienvidaustrumos.

10. oktobrī plkst. 7^h Mēness paiēs garām 5° uz augšu, 9. novembrī plkst. 14^h 5,5° uz augšu un 6. decembrī plkst. 0^h 1° uz augšu no Merkura.

26. oktobrī **Venera** nonāks apakšējā konjunktijā (starp Zemi un Sauli). Tāpēc rudens pirmajā pusē tā nebūs redzama.

Tomēr jau ap novembra vidū tā kļūs ļoti novērojama rītos, neilgi pirms Saules lēkta, zemu pie horizonta, dienvidaustrumu pusē. Tās spožums būs $-4^m,5$.

Decembrī tā būs ļoti redzama vairākas stundas pirms Saules lēkta dienvidaustrumu, dienvidu pusē. Veneras spožums pieaugs līdz $-4^m,6$.

10. oktobrī plkst. 15^h Mēness paies garām 12° uz augšu, 6. novembrī plkst. 1^h 7° uz augšu un 3. decembrī plkst. 23^h $2,5^\circ$ uz augšu no Veneras.

Rudens sākumā un oktobrī **Marss** būs ļoti novērojams nakts pirmajā pusē. Tā spožums pašā rudens sākumā tad būs $-1^m,5$ un leņķiskais diametrs $17''$. Oktobra vidū spožums samazināsies līdz $-1^m,0$ un leņķiskie izmēri līdz $14''$.

Novembrī un decembrī Marss tāpat būs redzams nakts pirmajā pusē. Spožums un leņķiskie izmēri gan arvien samazināsies. 15. novembrī tie būs attiecīgi $-0^m,3$ un $10''$, 15. decembrī – $+0^m,2$ un $8''$.

Līdz 11. novembrim Marss atradīsies Mežāža zvaigznājā. Pēc tam tas pāries uz Ūdensvīra zvaigznāju, kur būs līdz rudens beigām.

18. oktobrī plkst. 14^h Mēness paies garām 1° uz augšu, 16. novembrī plkst. 6^h $1,5^\circ$ uz

leju un 15. decembrī plkst. 4^h 4° uz leju no Marsa.

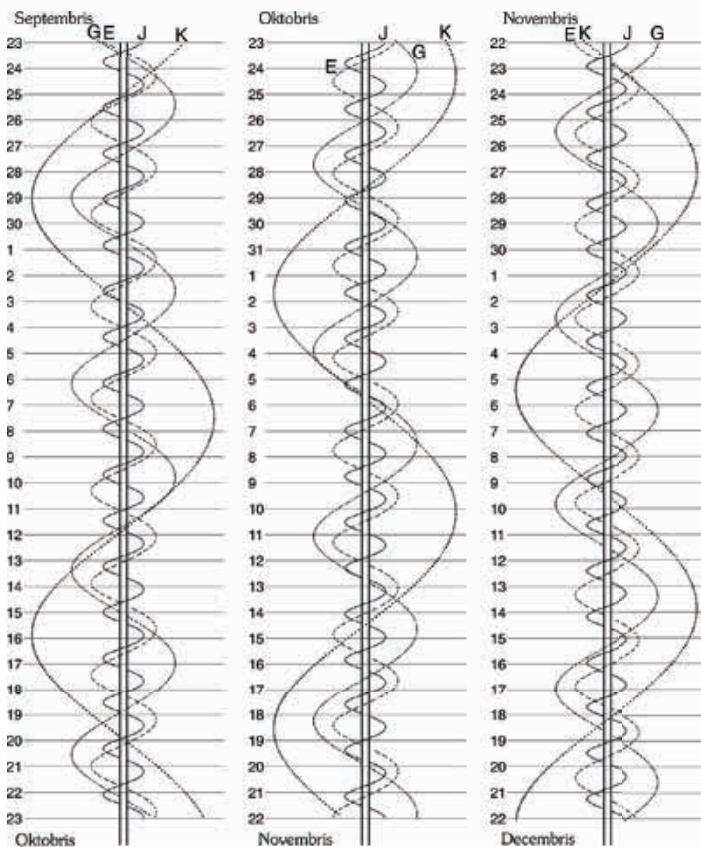
Rudens sākumā un oktobrī **Jupiters** praktiski nebūs novērojams. 26. novembrī tas būs konjunktijā ar Sauli un tāpēc arī novembrī un decembra pirmajā pusē nebūs redzams.

Pašās rudens beigās, sākot apmēram ar 20. decembri, tas kļūs novērojams rītos, īsu brīdi pirms Saules lēkta kā -1^m , 8 spožuma spīdekļis.

Līdz 21. novembrim Jupiters atradīsies Svaru zvaigznājā, pēc tam līdz decembra vidum – Skorpiona zvaigznājā. Pašās rudens beigās tas būs Čūsķneša zvaigznājā.

Jupitera spožāko pavadoņu redzamība 2018. gada rudenī parādīta 2. attēlā.

12. oktobrī plkst. 2^h Mēness paies garām 3° uz augšu, 8. novembrī plkst. 21^h 3° uz augšu un 6. decembrī plkst. 16^h $2,5^\circ$ uz augšu no Jupitera.



2. att.

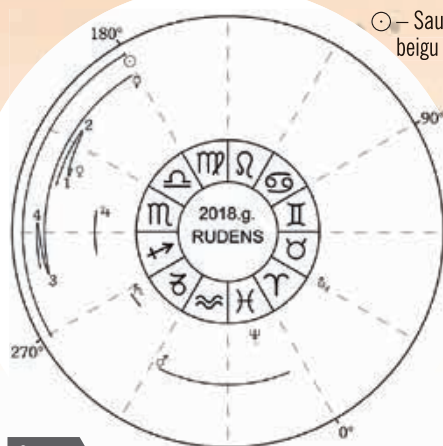
Jupitera spožāko pavadoņu redzamība 2018. gada rudenī. Jo (J), Eiropa (E), Ganimēds (G), Kallisto (K). Austrumi attēlā atrodas pa labi, rietumi – pa kreisi.

Pašā rudens sākumā un oktobrī **Saturns** būs novērojams apmēram 2,5–3 stundas pēc Saules rieta, zemu pie horizonta, dienvidrietumu pusē. Tā spožums šajā laikā būs +0^m,5.

Novembrī Saturna redzamības intervāls vakaros arvien samazināsies, un, sākot apmēram ar 5. decembri, tas vairs nebūs novērojams. Visu šo laiku Saturns atradīsies Strēlnieka zvaigznājā.

15. oktobrī plkst. 5^h Mēness paies garām 1° uz augšu, 11. novembrī plkst. 17^h 0,5° uz augšu un 9. decembrī plkst. 7^h 0,2° uz augšu no Saturna.

Rudens sākumā, oktobrī un novembra pirmajā pusē **Urāns** būs labi novērojams praktiski visu nakti, jo 24. oktobrī atradīsies opozīcijā. Tā spožums šajā laikā būs +5^m,7.



☉ – Saule – sākuma punkts 23.09. 0^h, beigu punkts 22.12. 0^h (Šie momenti attiecas arī uz planētām; simbolu novietojums atbilst sākuma punktam).

- ☿ – Merkurs
- ♂ – Marss
- ♄ – Saturns
- ♆ – Neptūns
- ♀ – Venera
- ♃ – Jupiters
- ♅ – Urāns
- 1 – 5. oktobris 22h
- 2 – 16. novembris 13h
- 3 – 17. novembris 3h
- 4 – 6. decembris 23h

3. att.

Saules un planētu kustība zodiaka zīmes.

Novembra otrajā pusē un decembrī tas būs redzams lielāko nakts daļu, izņemot rīta stundas.

Visu šo laiku **Urāns** atradīsies Auna zvaigznājā, tuvu robežai ar Zivju zvaigznāju. Lai to atrastu, būs nepieciešams vismaz binoklis un zvaigžņu karte.

27. septembrī plkst. 13^h Mēness paies garām 5° uz leju, 24. oktobrī plkst. 18^h 5° uz leju, 21. novembrī plkst. 0^h 5° uz leju un 18. decembrī plkst. 9^h 5° uz leju no Urāna.

Saules un planētu kustību zodiaka zīmēs skat. 3. attēlā.

Mazās planētas

2018. gada rudenī opozīcijā vai tuvu opozīcijai un spožākas par +9^m būs divas mazās planētas – Junona (3 *Juno*) un Hēbe (6 *Hebe*).

Junona:

Datums	α_{2000}	δ_{2000}	Attālums no Zemes, a. v.	Attālums no Saules, a. v.	Spožums
23.09.	3 ^h 58 ^m	+6°23'	1,322	2,019	8,4
03.10.	4 05	+4 43	1,234	2,009	8,2
13.10.	4 08	+2 51	1,159	2,000	8,0
23.10.	4 07	+0 52	1,099	1,993	7,8
02.11.	4 04	-1 03	1,058	1,988	7,6
12.11.	3 57	-2 41	1,038	1,985	7,5
22.11.	3 50	-3 51	1,039	1,983	7,5
02.12.	3 43	-4 24	1,062	1,984	7,6
12.12.	3 37	-4 19	1,106	1,987	7,8
22.12.	3 34	-3 38	1,167	1,991	8,0

Hēbe:

Datums	α_{2000}	δ_{2000}	Attālums no Zemes, a. v.	Attālums no Saules, a. v.	Spožums
12.11.	6 ^h 54 ^m	+3°50'	1,415	2,122	9,1
22.11.	6 52	+3 30	1,350	2,143	8,9
02.12.	6 47	+3 29	1,299	2,164	8,7
12.12.	6 39	+3 53	1,267	2,185	8,6
22.12.	6 29	+4 42	1,258	2,207	8,5

Komētas

Džakobini-Cinnera (21P/Giacobini-Zinner) komēta

Šī periodiskā komēta 2018. gada 10. septembrī būs perihēlijā. Tāpēc rudens sākumā komēta būs novērojama ar binokļiem un teleskopiem. Komētas efemerīda ir šāda (0^h U.T.):

Datums	α_{2000}	δ_{2000}	Attālums no Zemes, a. v.	Attālums no Saules, a. v.	Spožums
23.09.	6 ^h 33 ^m	+11°41'	0,417	1,029	7,3
03.10.	6 56	-2 34	0,466	1,064	7,7
13.10.	7 11	-13 42	0,529	1,115	8,3
23.10.	7 21	-22 12	0,598	1,179	9,0

Virtanena (46P/Wirtanen) komēta

Šī komēta 2018. gada 12. decembrī būs perihēlijā. Turklāt 18. decembrī tā pietuosies Zemei 0,078 a. v. (11,6 milj. km) attālumā! Tāpēc decembrī tā būs labi novērojama ar binokļiem, teleskopiem un, iespējams, būs redzama pat ar neapbruņotu aci. Šajā laikā tā šķērsos Krāsns, Vaļa, Eridana, Vērša, Perseja un Vedēja zvaigznājus. 16. decembrī tā atradīsies dažu grādu attālumā no Sietiņa (Plejādēm). Turklāt rudens beigās komēta kļūs nenorietoša! Komētas efemerīda ir šāda (0^h U.T.):

Datums	α_{2000}	δ_{2000}	Attālums no Zemes, a. v.	Attālums no Saules, a. v.	Spožums
22.11.	2 ^h 13 ^m	-28°30'	0,164	1,093	5,7
02.12.	2 36	-18 22	0,116	1,066	4,7
12.12.	3 23	+5 36	0,082	1,055	3,9
22.12.	4 57	+40 40	0,084	1,062	4,0

Mēness

Mēness aizklāj spožākās zvaigznes:

Datums	Zvaigzne	Spožums	Aizklāšana	Atklāšana	Mēness augstums	Mēness fāze
24.09.2018.	ψ_1 Aqr	4 ^m ,2	0 ^h 27 ^m	1 ^h 16 ^m	24°-23°	98%
27.09.2018.	ξ_2 Cet	4 ^m ,3	23 ^h 36 ^m	0 ^h 42 ^m	24°-32°	92%
30.10.2018.	ζ Gem	4 ^m ,0	2 ^h 25 ^m	3 ^h 30 ^m	44°-50°	68%
21.11.2018.	μ Cet	4 ^m ,3	23 ^h 22 ^m	0 ^h 34 ^m	43°-40°	97%

Laiki aprēķināti Rīgai. Pārējā Latvijā aizklāšanas laika nobīde var sasniegt 5 minūtes uz vienu vai otru pusi.

MĒNESS PERIGEJĀ UN APOGEJĀ

Perigejā: 6. oktobrī plkst. 1^h; 31. oktobrī plkst. 22^h; 26. novembrī plkst. 14^h.

Apoģejā: 17. oktobrī plkst. 21^h; 14. novembrī plkst. 17^h; 12. decembrī plkst. 14^h.

Mēness kustības treka iedaļa ir viena diennakts.

Jauns Mēness: 9. oktobrī 9^h20^m; 7. novembrī 18^h02^m; 7. decembrī 9^h20^m.

Pirmais ceturksnis: 16. oktobrī 21^h02^m; 15. novembrī 16^h54^m; 15. decembrī 13^h49^m.

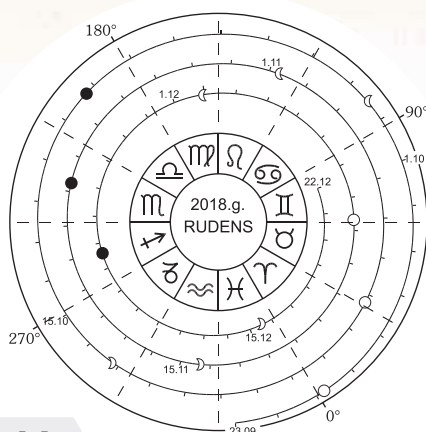
Pilns Mēness: 25. septembrī 5^h52^m; 24. oktobrī 19^h45^m; 23. novembrī 7^h39^m.

Pēdējais ceturksnis:

2. oktobrī 12^h45^m;

31. oktobrī 18^h40^m;

30. novembrī 2^h19^m.



4. att.

Mēness kustība zodiaka zīmēs.

Meteori

1. Drakonīdas.

Plūsmas aktivitātes periods ir laikā no 6. līdz 10. oktobrim. Maksimums 2018. gadā gaidāms naktī uz 9. oktobri. Plūsma ir mainīga, un tās intensitāti ir grūti prognozēt.

2. Orionīdas.

Plūsmas aktivitātes periods ir laikā no 2. oktobra līdz 7. novembrim. Maksimums 2018. gadā gaidāms 21. oktobrī, kad stundas laikā var būt novērojami apmēram 20 meteori.

3. Leonīdas.

Šīs plūsmas aktivitātes periods ir no 6. līdz 30. novembrim. Maksimums 2018. gadā gaidāms naktī uz 18. novembri. Plūsmas aktivitāti ir grūti prognozēt, tomēr ir iespējami brīži ar samērā lielu meteoru intensitāti – apmēram 10–20 meteori stundā.

4. Geminīdas.

Pieskaitāma pie aktīvākajām un stabilākajām plūsmām. Tās meteori novērojami laikā no 4. līdz 17. decembrim. Šogad maksimums gaidāms 14. decembrī, kad plūsmas intensitāte var sasniegt 120 meteorus stundā.

Mēness ieiet zodiaka zīmēs:

- 25. septembrī 2^h04^m Aunā (♈)
- 27. septembrī 10^h16^m Vērsī (♈)
- 29. septembrī 16^h26^m Dviņos (♊)
- 1. oktobrī 21^h01^m Vēzī (♋)
- 4. oktobrī 0^h13^m Lauvā (♌)
- 6. oktobrī 2^h20^m Jaunavā (♍)
- 8. oktobrī 4^h11^m Svaros (♎)
- 10. oktobrī 7^h10^m Skorpionā (♏)
- 12. oktobrī 12^h54^m Strēlniekā (♐)
- 14. oktobrī 22^h17^m Mežāzī (♑)
- 17. oktobrī 10^h36^m Ūdensvirā (♒)
- 19. oktobrī 23^h21^m Zivīs (♓)
- 22. oktobrī 9^h59^m Aunā
- 24. oktobrī 17^h34^m Vērsī
- 26. oktobrī 22^h41^m Dviņos
- 29. oktobrī 1^h28^m Vēzī
- 31. oktobrī 4^h43^m Lauvā
- 2. novembrī 7^h48^m Jaunavā
- 4. novembrī 11^h02^m Svaros
- 6. novembrī 15^h03^m Skorpionā
- 8. novembrī 21^h00^m Strēlniekā
- 11. novembrī 5^h55^m Mežāzī
- 13. novembrī 17^h46^m Ūdensvirā
- 16. novembrī 6^h42^m Zivīs
- 18. novembrī 17^h56^m Aunā
- 21. novembrī 1^h43^m Vērsī
- 23. novembrī 6^h11^m Dviņos
- 25. novembrī 8^h38^m Vēzī
- 27. novembrī 10^h36^m Lauvā
- 29. novembrī 13^h08^m Jaunavā
- 1. decembrī 16^h49^m Svaros
- 3. decembrī 21^h55^m Skorpionā
- 6. decembrī 4^h49^m Strēlniekā
- 8. decembrī 14^h02^m Mežāzī
- 11. decembrī 1^h40^m Ūdensvirā
- 13. decembrī 14^h40^m Zivīs
- 16. decembrī 2^h45^m Aunā
- 18. decembrī 11^h38^m Vērsī
- 20. decembrī 16^h35^m Dviņos

Vai KVAZĀRI palīdzēs atrisināt jautājumu par kosmoloģiskās izplešanās raksturu?

Uz astronomisko novērojumu datiem balstītais secinājums, ka Metagalaktika vai pat viss Visums ir nestabils un izplešas, rada vienu no galvenajām kosmoloģijas problēmām – problēmu par šīs izplešanās raksturu un Visuma telplaika īpašībām. Šī izplešanās var būt gan ierobežota, gan neierobežota. Pirmajā gadījumā pašlaik konstatējamo Visuma izplešanos pēc kāda laika nomainīs saraušanās, resp., attālumi starp galaktikām, kas tagad nemitīgi palielinās, sāks samazināties, galaktikas arvien vairāk un vairāk tuvosies cita citai, un galu galā Visums atgriezīsies stāvoklī, kas būs tāds pats vai vismaz ļoti līdzīgs šīs izplešanās sākuma momentā. Otrajā gadījumā attālumi starp galaktikām pieaugs nepārtraukti un, iespējams, arī bezgalīgi. Abiem gadījumiem atbilst noteiktas Visuma telplaika īpašības: pirmajā gadījumā Visuma telplaiks ir slēgts, otrajā – vaļējs.

Noteikt Visuma blīvuma vidējo vērtību, kas ļautu atbildēt uz jautājumu, kādā Visumā – slēgtā vai vaļējā – mēs dzīvojam, ir ļoti sarežģīti, jo ar pašreiz pieejamajām astronomisko novērojumu metodēm nav iespējams reģistrēt visu formu matēriju, kas izkļiedēta Visumā, un novērtēt tās kopējo daudzumu. Šīs neskaidrības ir likušas meklēt citus ceļus, kā noteikt Visuma izplešanās raksturu. Vienu šādu iespēju dod t. s. bremzēšanās parametra novērtēšana, kas balstās uz tuvu un tālu

kosmisku objektu attālināšanās ātrumu salīdzinājumu. Teorētiski apsvērumi rāda, ka, gadījumā ja tuvi un tāli metagalaktiskie objekti attālinās ar vienādu ātrumu, t. i., ja Visums pašlaik (tuvo objektu attālināšanās ātrums) izplešas ar tādu pašu ātrumu kā tālā pagātnē (tālo objektu attālināšanās ātrums), tad Visums ir

vaļējs. Ja turpretim pagātnē izplešanās ātrums ir bijis lielāks nekā pašlaik, t. i., daudzus miljardus gadu pēc izplešanās sākuma, tad tas nozīmē, ka izplešanās palēninās, bremzējas un Visums var būt slēgts.

(Saīsināti pēc A. Balklava raksta, 1.–5. lpp.)

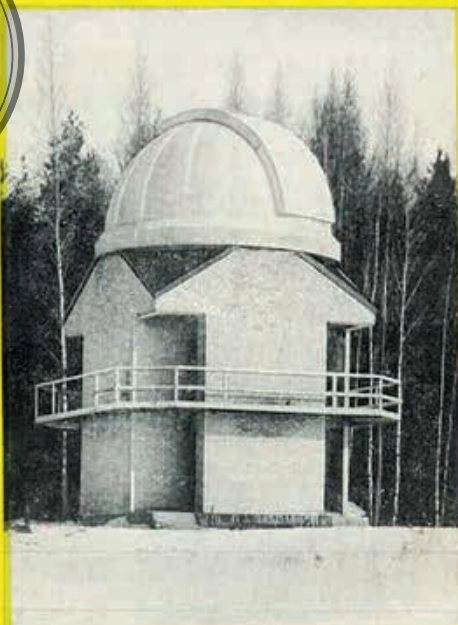
“Viking - 1 un 2”: pilns Marsa gads

Pagājis jau pilns Marsa gads (687 Zemes diennaktis), kopš šīs planētas pētīšanā sākusies jauna fāze – vistiešākie mērījumi un eksperimenti uz virsmas un atmosfērā ar amerikāņu automātisko staciju “Viking-1” un “Viking-2” instrumentiem. Paralēli pētījumiem nosēšanās vietās visu planētu kopumā no neliela attāluma tikpat ilgi novērojuši abu “Vikingu” orbitālie aparāti. Pateicoties nolaižamo aparātu masspektrometriem, tagad droši zināms, ka Marsa atmosfēra satur 95,4% ogļskābās gāzes, 2,7% slāpekļa, 1,6% argona, 0,2% skābekļa un 0,1% citu gāzu. Tieši uz virsmas nosēšanās vietās “Vikingi” reģistrējuši gaisa temperatūru no -30 °C līdz -123 °C. Ziemā polāro cepuru temperatūra noslīd līdz -130 °C, bet vasarā ir apmēram par 60 °C augstāka. Šī parādība liek periodiski pārvietoties no pola uz polu milzīgām gaisa masām, un tas ir pirmcēlonis Marsa spēcīgajiem vējiem, kuri ziemas vidū var sasniegt ātrumu 120 kilometri stundā, un līdz ar to – milzīgajām putekļu vētrām. “Vikingu” tiešie eksperimenti pārliecinoši apstiprinājuši sen izvirzīto hipotēzi, ka Marsam sarkanīgo krāsu piešķir dzelzs savienojumi. Tie norāda, ka arī šīs planētas ieži ir radušies vulkānisku procesu gaitā – tāpat kā uz Mēness. Spriežot pēc “Viking-2” seismometra datiem, kopējā seismiskā aktivitāte Marsam ir daudz mazāka nekā Zemei, tomēr lielāka nekā Mēnesim, bet garozas relatīvais biezums (salīdzinot ar diametru) – divas reizes lielāks nekā Zemei.

(Saīsināti pēc E. Mūkina raksta, 21.–29. lpp.)

ZVAIGŽNOTĀ DEBESS

1978. GADA
RUDENS



— Zvaigžnotā debess, 1978. Nr. 3, 1—72.

ABONĒ: **LATVIJAS PASTA NODAĻĀS VAI INTERNETĀ: PASTS.LV**

INDEKSS ABONĒŠANAI LATVIJAS PASTĀ: **2214**



ISSN 0135-129X



9 770135 129006 >

Cena 3,00 €