

ZVAIGŽNOTĀ DEBĒSS

2017
RUDENS

SVEICIENS *EPSC* DELEGĀTIEM!



SOLĀRSINHRONĀ ORBĪTĀ LATVIJAS PIRMAIS ZMP "VENTA-1"

- ★ **LATVIJAS PRIEKŠROCĪBAS DALĪBAI ESA PROJEKTOS**
- ★ **VOYAGER 1 un 2 LIELAIS CEĻOJUMS SĀKĀS pirms 40 GADIEM**
- ★ **ĶĪNAS RADIOACS FAST RAUGĀS DEBESĪS**
- ★ **LEDUS PASAULE ENCELĀDS NEMITĪGI IZVERD TVAIKA STRŪKLAS**

Pielikumā: ASTRONOMISKAIS KALENDĀRS 2018

ZVAIGŽNOTĀ DEBESS

LATVIJAS ZINĀTŅU AKADĒMIJAS,
LATVIJAS UNIVERSITĀTES
ASTRONOMIJAS INSTITŪTA

POPULĀRZINĀTNISKS
GADALAIKU IZDEVUMS

IZNĀK KOPŠ 1958. GADA RUDENS
ČETRAS REIZES GADĀ

2017. GADA RUDENS (237)



Redakcijas kolēģija:

LZA kor. loc. *Dr. hab. math. A. Andžans*
(atbild. redaktors), **K. Bērziņš**,
Dr. sc. comp. M. Gills (atb. red. vietn.),
PhD J. Jaunbergs, *Dr. phil. R. Kūlis*,
I. Pundure (atbild. sekretāre),
Dr. paed. I. Vilks

Tālrunis **67 034 581**

E-pasts: astra@latnet.lv
www.astr.lu.lv/zvd
www.lu.lv/zvd

Digitālais arhīvs: <http://ejuz.lu/zvd>



Mācību grāmata

Rīga, 2017

SATURS

Pirms 40 gadiem «Zvaigžnotajā debesī»

Stīdriks par Habla konstantes lielumu. *U. Dzērvītis*
Desmit «Venēras»: aparāti, lidojumi un rezultāti.
E. Mūkins1

Zinātnes ritums

Kurts Švarcs. Jauni atklājumi Oriona molekulāros
mākoņos.2

Kosmosa pētniecība un apgūšana

Jānis Jaunbergs. Encelāda sājā elpa.10
Raitis Misa. *Voyager* – visilgāk un vistālāk.19

Observatorijas un instrumenti

Jānis Kuzmanis. Drakons raugās debesīs.24
Kalvis Salmiņš. Par *ILRS* lāzerlokācijas konferenci
Rīgā.28
I.P. Šovasar jubileja: Dzintaram Blūmam
(8.XI 1947.) - 70.28

Apspriedes un sanāksmes

Mārtiņš Sudārs. Kosmosa infrastruktūras attīstības
tendences Eiropā.29
Mārtiņš Gills. Planetoloģijas kongress Rīgā.33

Atskatoties pagātnē

Natālija Cimahoviča. Par Saules koronas virpuļiem
un to ietekmi uz Zemi un sabiedriskiem procesiem. ...34
I.D., I.P. Šovasar jubileja: VAĢB Latvijas nodaļai
(18.XI 1947.) – 70, LPSR ZA Radioastrofizikas
observatorijai (1.XII 1967.) – 50.35

Skolu jaunatnei

Māris Krastiņš. Latvijas 45. atklātā skolēnu
astronomijas olimpiāde.36
Kristīne Adgere. Latvijas 41. skolēnu zinātniskā
konference.43
Maruta Avotiņa, Agnese Šuste. Latvijas 67.
matemātikas olimpiādes uzdevumu atrisinājumi.44

Hronika

Raitis Misa. Zemes orbītā veiksmīgi nogādāts
Latvijas pirmais Zemes mākslīgais pavadoņs
«Venta-1».52
Raitis Misa. CERN zinātnes nedēļa Latvijā.54
Kalvis Salmiņš. Latvijas un Igaunijas praktiskanti
LU Astronomijas institūtā.55

Jautā lasītājs

E. Auziņš. Kāpēc Urānam pieņemts pretējs
rotācijas virziens?56
Juris Kauliņš. **Debess spīdekļi** 2017. gada rudenī.58
I.P. Asteroīds (457743) Balklavs = 2009 HW20.64

Pielikumā: **Astronomiskais kalendārs 2018**

(Sastādītājs *Juris Kauliņš*).

PIRMS 40 GADIEM "ZVAIGŽNOTAJĀ DEBESĪ"



STRĪDS PAR HABLA KONSTANTES LIELUMU

Habla konstante H , kas raksturo Visuma izplešanās ātrumu, ir viena no vissvarīgākajām fizikālajām konstantēm. Šī konstante kā proporcionalitātes koeficients ieiet t.s. Habla likumā, kas apgalvo, ka galaktiku attālināšanās ātrums V , ko mēra no spektrālīniju sarkanās nobīdes lieluma Doplera efekta dēļ, ir proporcionāls attālumam r : $V=Hr$. Habla konstantes skaitliskā vērtība ir pamatā kosmisko distanču skalai lielos attālumos, bet tās apgrieztā vērtība rāda Visuma vecumu. Taču šīs konstantes noteikšana ir iespējama, tikai pamatojoties uz novērojumiem, tādēļ nav brīnums, ka tās skaitliskā vērtība salīdzinājumā ar to, ko 1936. gadā noteica pats Habls, tagad ir izmainījusies desmitkārtīgi. Galvenā grūtība kosmisko distanču skalas konstruēšanā ir universālu attālumu indikators trūkums. Habls, izmantojot Jaunavas kopas galaktiku novērojumus, savai konstantei ieguva vērtību $H=526$ km/s/Mps, bet 60. gadu vidū šī vērtība jau bija noslīdējusi uz 75 km/s/Mps. Kosmisko distanču skalas konstruēšanai kā attālumu indikatori tika izmantoti gan HII apgabali, gan cefeīdas, gan ieviestas t.s. galaktiku spožuma klases, kas neizturēja kritiku.

Nozīmīgu pavērsienu šai jautājumā izdarīja amerikāņu radioastronomu atradums, ka pastāv cieša korelācija starp galaktiku absolūtajiem lielumiem un ūdeņraža 21 cm radiolīnijas platumu, kas ir Doplera efekts galaktiku rotācijas dēļ. Tas bija patiesi universāls ārpusgalaktisko distanču indikators, jo ūdeņraža līnijas profils ir reģistrējams kā tuvās, tā arī ļoti tālās galaktikās, kur attālumus var noteikt pēc sarkanās nobīdes. Taču jau tagad ir skaidrs, ka H konstantes vērtība tāpat kā agrāk meklējama kaut kur intervālā no 50 līdz 80 km/s/Mps. Tā ir vēl viena skaidra liecība par to, cik grūti "izmēīt" Visumu.

(Saīsināti pēc U. Dzērviša raksta 16.-19. lpp.)

DESMIT "VENĒRAS": APARĀTI, LIDOJUMI, REZULTĀTI

Pirms 10 gadiem Venēras pētnieku rokās nonāca pirmie tiešu mērījumu ceļā iegūtie dati par šīs mākoņos tītās planētas atmosfēru – tos bija pārraidījis uz Zemi padomju automātiskās stacijas "Venēra-4" nolaižamais aparāts. Kopš tā laika planētas karstajā un bīvajā atmosfērā darbojušies vēl seši šīs sērijas automātisko staciju nolaižamie aparāti, no pārlidojuma trajektorijas to novērojuši divi amerikāņu "Marineri" un no orbītas ap planētu – divu pēdējo "Venēru" orbitālie aparāti, bet Zemes lielākie kosmiskie radiolokatori zīmējuši aizvien detalizētākas dažu virsmas apgabalu kartes. Visvairāk jaunu ziņu par Venēru šajā periodā atnesuši padomju automātisko starpplanētu staciju lidojumi jau 1961. gadā. Pirmās paaudzes padomju automātisko staciju nolaižamie aparāti 1967.-1972. g. ļāva izmēīt Venēras atmosfēras galvenos fizikālos raksturlielumus no planētas virsmas līdz 55 km augstumam un noteikt tās galveno sastāvdaļu – ogļskābo gāzi.

Šie sasniegumi un ar "Mariner" tipa aparātiem un astronomijas metodēm iegūtie dati sagatavoja augsni Venēras tālākai pētīšanai ar sarežģītāku kosmisko aparātu palīdzību. Jauno padomju automātisko staciju, kuras varētu nosaukt par otro paaudzi, masa pieaugusi četrkārt un sasniegusi 5 t, ļaujot gan apgādāt orbitālo aparātu ar tik lielu degvielas krājumu, lai tas varētu ieiet planētas pavadoņa orbītā, gan trīskārt palielināt nolaižamā aparāta masu. "Venēra-9" un "Venēra-10" – pirmās jaunā tipa automātiskās stacijas Venēras pētīšanai tika palaistas 1975. g. 8. un 14. jūnijā un sasniedza planētas apkaimi 22. un 25. oktobrī. Abu automātisko staciju orbitālie aparāti kļuva par Venēras pirmajiem mākslīgajiem pavadoņiem un vairāk nekā pusgadu ilgi ar trim atsevišķām instrumentu grupām sistemātiski novēroja Venēras mākoņu segu, augšējo atmosfēru un planētu aptverošo telpu, būtiski precizējot un papildinot mūsu priekšstatus par šiem objektiem.

(Saīsināti pēc E. Mūkina raksta 30.-35. lpp.)

KURTS ŠVARCS

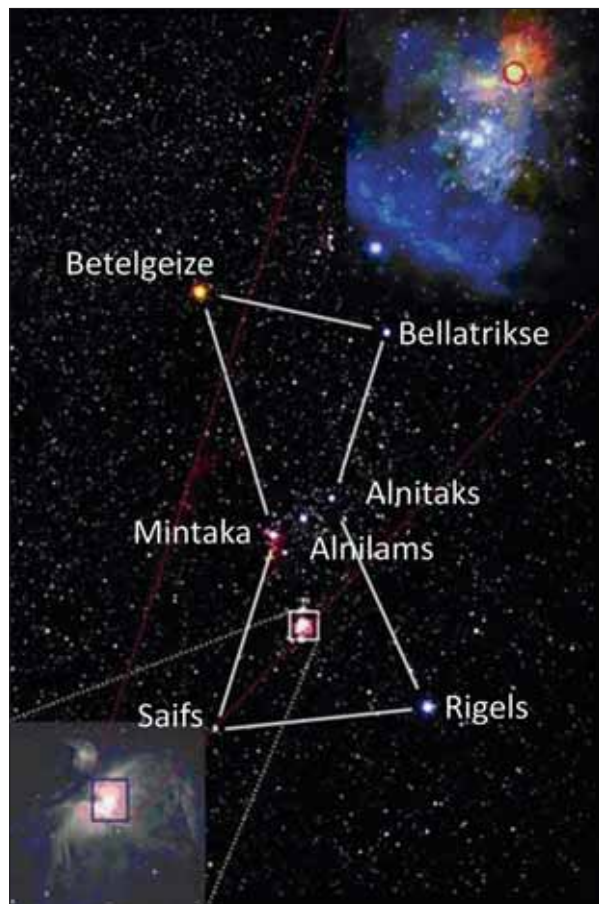
JAUNI ATKLĀJUMI ORIONA MOLEKULĀRAJOS MĀKOŅOS

1. Orionas Molekulāro Mākoņu Komplekss

Oriona zvaigznājs ir viens no vispopulārākajiem nakts debesīs tā izteiktās formas un spožo zvaigžņu dēļ. Šo zvaigžņu grupu pazina un aprakstīja visas senās civilizācijas no Ķīnas līdz Ēģiptei, un līdz mūsdienām tās nosaukumā saglabāties senās Grieķijas mitoloģiskā mednieka Orionas, jūras dieva Poseidona dēla vārds. Homērs Orionas zvaigznāju piemin savā eposā "Odiseja". Pirmie Orionas miglāja detalizētie novērojumi 1610. gadā saistās ar franču astronomu Nikolā Klodu Fabri de Peiresku (*Nicolas-Claude Fabri de Peiresc*, 1580-1637). Orionas miglāju katalogā 1654. gadā iekļāva itāļu astronoms Džovanni Batista Hodierna (*Giovanni Battista Hodierna*, 1597-1660), un 1659. gadā to aprakstīja dāņu fiziķis un astronoms Kristians Heigens (*Christiaan Huygens*, 1629-1695).

Oriona zvaigznājā ir daudz spožu zvaigžņu, spožākās no tām parādītas 1. att., turklāt nosaukumi lielā mērā pārņemti no arābu as-

1. att. Orionas zvaigznājs un miglāju komplekss: *Betelgeize* (no arābu valodas – milzes roka) ir sarkanais pārmilzis (Oriona α) 640 gg attālumā no Zemes; *Bellatrikse* (no arābu val. – sieviete karotāja) ir zilais pārmilzis (Oriona γ) 252 gg attālumā no Zemes; *Alnitaks* (no arābu val. – josta) ir trīskārša zvaigzne 800 gg attālumā no Zemes (blakus šai zvaigznei ir *Zirga Galvas* miglājs, 2. att.); *Alnilams* (no arābu val. – pērļu virtene) ir zilais pārmilzis ~1340 gg attālumā no Zemes; *Mintaka* ir četrkārīga zvaigzne 920 gg attālumā no Zemes (tā noslēdz Orionas jostu); *Saifs* (no arābu val. – milža zobens) 647 gg attālumā no Zemes; *Rigels* (no arābu val. – kreisā kāja) ir zilais pārmilzis (vairāku zvaigžņu sistēma) un spožākais Orionas zvaigznājā ~800 gg attālumā no Zemes; *kreisajā stūrī* atfēlots M42 Orionas Miglājs 1350 gg attālumā no Zemes; *labajā pusē* augšā parādīta Orionas kompleksa centrālā daļa infrasarkanā diapazonā, sarkanajā aplī atrodas *Becklin-Neugebauer* objekts [1].



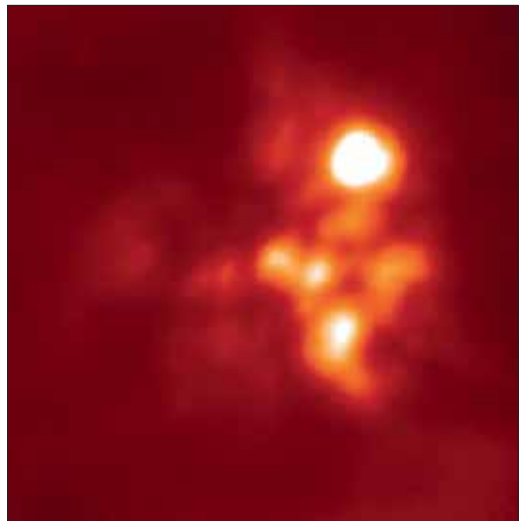
tronomiem. Jāatzīmē, ka attālumi līdz galvenajām Oriona trapeces zvaigznēm ir ļoti atšķirīgi, kaut gan vizuāli zvaigznāju uztveram kā vienu veselu. Arī zvaigžņu struktūra ir sarežģīta – lielākā daļa zvaigžņu sastāv no vairākām, kuras vizuāli izšķirt nevar. Oriona zvaigznājā ar neapbruņotu aci var novērot arī jau minēto Oriona miglāju M42, kuru aprakstīja daudzi astronomi 17. gadsimtā. Turpmākie novērojumi 1888. gadā atklāja tumšo Zirga Galvas miglāju (~1500 gg attālumā no Zemes, 2. att.) un Bārnarda Cilpas (*Barnard's Loop*) emisijas miglāju (~1400 gg attālumā no Zemes, diametrs 100-300 gg), kuru 1895. gadā atklāja amerikāņu astronoms Edvards Bārnards (*Edward Emerson Barnard*, 1857-1923). Divdesmitajā gadsimtā Oriona zvaigznāja apkārtējos miglājus detalizēti novēroja un pētīja kā aktīvus jauno zvaigžņu veidošanās apgabalu, tostarp arī *Becklin-Neugebauer (BN)* objektu (atklāts 1967. gadā) un *Kleinmann-Low (KL)* miglāju (atklāts 1967. gadā) [1, 2]. Oriona kompleksa apgabals *BN/KL* no atklāšanas brīža līdz šodienai ir astronomu uzmanības centrā (3. att.) [3].

Oriona Molekulāro Mākoņu Kompleksā (OMMK, angl. *Orion Molecular Cloud Complex*) ietilpst daudzi miglāji un molekulārie mākoņi ar jauno zvaigžņu rašanās apgabaliem 1500-1600 gg attālumā no Zemes, un tas aptver dažus simtus gaismas gadu lielu apgabalu [1]. Ilggadīgie starptautiskie astronomu novērojumi šajā kompleksā atklāja daudzas jaunas zvaigznes ar dažādām masām, starp kurām īpašu uzmanību izraisīja brūnie punduri ar masu mazāku par $0,08 M_{\odot}$ ($M_{\odot} = 1,99 \times 10^{30}$ kg ir Saules masa, 4. att.) [4, 5]. Brūnie punduri ir jaunākas zvaigznes ar mazāku masu un zemāku kodolu plazmas temperatūru, un tajos kodolu termiskās reakcijas ir atšķirīgas no Saules tipa zvaigznēm (*ZvD*, 2015, Vasara (228), 3.-12. lpp.) [6].

OMMK mūsu Piena Ceļa galaktikā paver iespējas novērot zvaigžņu rašanās procesus no ūdeņraža miglājiem (*HIII, HI*) un molekulāriem mākoņiem [7, 8]. *HIII* miglāji pamatā sa-



2. att. Zirga Galvas miglājs (*IC 434*) Oriona zvaigznājā ~1500 gg attālumā no Zemes uzņemts ar Habla kosmiskā teleskopa *WFPC2* kameru, izmantojot četrus filtrus. Šo tumšo miglāju 1888. gadā atklāja amerikāņu astronome Viljamina Fleminga (*Williamina Paton Stevens Fleming*, 1857-1911). Šo miglāju visbiežāk fotografē tā īpatnējās formas dēļ [2].



3. att. Oriona kompleksa aktīvais zvaigžņu formēšanās miglājs *Kleinmann-Low (KL)* uzņemts infrasarkanā diapazonā. Spožais plankums labajā pusē ir *Becklin-Neugebauer (BN)* objekts – protozvaigzne ar visspēcīgāko infrasarkanu starojumu *KL* miglājā 1500 gg attālumā no Zemes. Šajā Oriona kompleksa rajonā pirms aptuveni 500 gadiem notika zvaigžņu sadursme ar spēcīgiem masas izvirdumiem (10. un 11. att.) [3].



4. att. Oriona Molekulāro Mākoņu Kompleksa sintezētais attēls uzņemts ar Ļoti lielā teleskopa VLT infrasarkanā plaša redzeslauka kameru (*High Acuity Wide Field K-band imager*) Paranalā Čīlē. Starptautiskā astronomu grupa miglājā novēroja vairākus simtus brūno punduru, kas atsedz jaunus zvaigžņu rašanās procesus. Attēla izmēri 2,2 gg x 1,4 gg [4, 5].

stāv no ūdeņraža (H), kurā liela daļa ūdeņraža atomu ir jonizēti (H^+ protoni, p un elektroni e) un veido karstu plazmu. HIII miglāja plazmā ir arī jonizēti hēlija atomi un zvaigžņu kodolreakciju produkti (ogleklis, skābeklis u.c.), no kuriem īpaša loma radiospektroskopijā ir oglekļa monoksīdam (CO) [6]. HIII miglājus var novērot pēc redzamā ūdeņraža atomu starojuma (līnijas 656,3 nm, 486 nm, 410 nm – ZvD, 2013/14, Ziemā (222), 3. lpp.).

HI miglāji sastāv no neitrāliem ūdeņraža atomiem (H) un molekulām (H_2). Neitrālie ūdeņraža atomi izstaro 21 cm radioviļņus (frekvence 1,42 GHz, ZvD, 2013/14, Ziemā (222), 4. lpp.), un redzamajā diapazonā tie ir tumši. Kvantu pārejai ar frekvenci 1,42 GHz ir maza varbūtība, un šo starojumu var novērot tikai pietiekami lielā ūdeņraža koncentrācijā. Arī HI miglājos ir hēlija atomi un zvaigžņu kodolreakciju produkti. Šie miglāji neizstaro redzamo gaismu un tādēļ ir tumši.

Molekulāros mākoņus veido ūdeņraža molekulas H_2 , kas veido aptuveni pusi no summārā starpzvaigžņu ūdeņraža. Šais

mākoņos arī ir zvaigžņu kodolreakciju produkti, starp kuriem īpaša loma ir CO molekulām, kas uzlabo iespējas novērot ūdeņraža miglājus ar radioteleskopiem. Molekulārie mākoņi ir ar lielu blīvumu un ar zemāku temperatūru. Šie objekti var sasniegt milzīgus izmērus un ir jauno zvaigžņu veidošanās apgabali.

Procesus OMMK varēja izprast un aprakstīt tikai divdesmitajā gadsimtā, kad fizikā un astronomijā tika ieviests plazmas agregātvokļa jēdziens (ZvD, 2016, Pavasaris (231) 3.-8. lpp.). Miglāji

HIII un molekulārie mākoņi ar jonizētiem atomiem un elektroniem ir gāzveida plazma ar dažādu atomu un molekulu koncentrāciju un temperatūru. Šajā plazmā atomi un molekulas kustas ar dažādiem ātrumiem un ir zvaigžņu gravitācijas mijiedarbībā. Procesus starpzvaigžņu vidē ietekmē zvaigžņu starojums, kas izraisa fotostimulētas reakcijas un iespaido atomu un molekulu kustību plazmā. Zvaigžņu gravitācija un starojuma izraisītās reakcijas molekulāros mākoņos rada triecienviļņus, ko var novērot ar modernajiem teleskopiem [9].

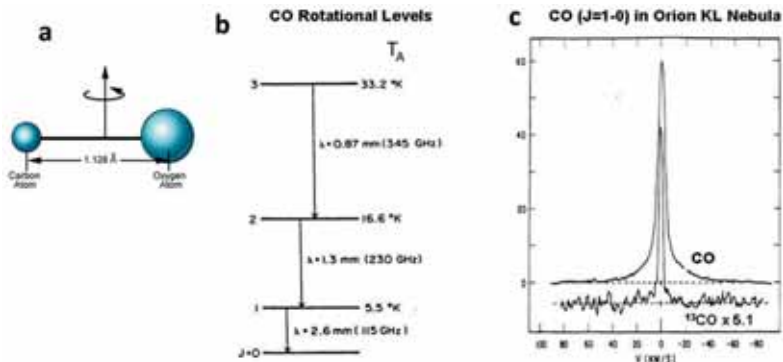
Atomu un molekulu kustību starpzvaigžņu vidē var novērtēt pēc Doplera efekta. Vācu astronoms H. Fogels (*Hermann Carl Vogel*, 1841-1907) 1871. gadā Saules spektrā novēroja Fraunhofera līniju viļņu garuma nobīdi Saules rotācijas rezultātā, un kopš tā laika Doplera efektu izmanto astronomisko objektu kustības ātruma noteikšanai (zvaigžņu, miglāju, atomu un molekulu u. c.). Doplera efekts nav atkarīgs no objektu attāluma, un to var izmantot arī tādām galaktikām ar lielu sarkano nobīdi (ZvD, 2014, Vasara (224), 3.-11. lpp.). Pie maziem kustības ātrumiem v ($v \ll c$, kur $c = 299\,792\,458$ m/s ir gaismas ātrums), frekvences izmaiņas Δv ir $\Delta v = (v/c)v_0$, kur v_0 ir starojuma frekvence no nekustīgā objekta. Doplera frekvenču (vai viļņu garuma) izmaiņas var izmantot jebkuriem elektromagnētiskiem viļņiem – no rentgenstariem līdz radioviļņiem. CO molekulas rotācijas kvantu pārejas

atbilst radioviļņiem milimetru diapazonā ar frekvenci dažī simti GHz (5. att. a un b). Šo CO molekulu starojumu modernie radioteleskopi reģistrē daudz efektīvāk nekā udeņraža molekulām, kurām nav dipola momenta. Zinot koncentrāciju attiecību starp CO un udeņradi, pēc CO radiostarojuma var noteikt udeņraža koncentrāciju starpvaigžņu vidē. Pēc CO molekulas spektrālo līniju paplašināšanās (Doplera efekts) var noteikt atomu un molekulu ātruma sadalījumu (5. att. c). Viens no zvaigžņu starojuma izraisītiem procesu modeļiem parādīts 6. att. [6].

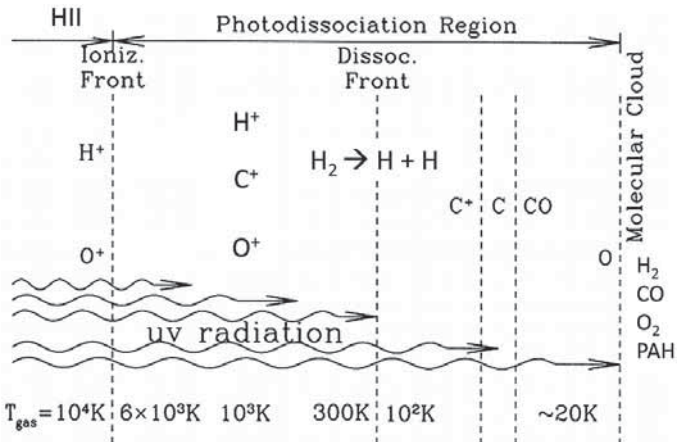
2. Virsmas viļņi Oriona Molekulāro Mākoņu Kompleksā

Oriona miglājs un BN/KL apgabals gadu desmitiem ir astronomu uzmanības centrā [4]. Nesen Eiropas astronomu grupa NASA projekta ietvaros profesora José Cernicharo (Spānijas Zinātniskās pētniecības padome) vadībā veica pētījumus par virsmas triecienviļņiem OMMK [9]. Izmantojot Spitzera (*Spitzer*) Kosmiskā teleskopa *Infrared Array Camera (IRAC)* un infrasarkanu spektroskopu (*IRS*) [8], *IRAM 30* radioteleskopu (0,9-3 mm diapazonā) Sjerranevadā (Spānija) un *Midcourse Space Experiments* (ASV militārais pavadonis) arhīva datus, grupa veica novērojumus OMMK starpvaigžņu vidē (udeņraža miglājos, molekulāros mākoņos) un ieguva jaunus rezultātus par mijiedarbību ar kompleksa zvaigznēm.

Triecienviļņi rodas starpvaigžņu vidē pie dažādiem gāzu vides ātrumiem. Šie viļņi ir labi novēroti Saules koronā (ZvD, 2016/17, Ziemā (234),



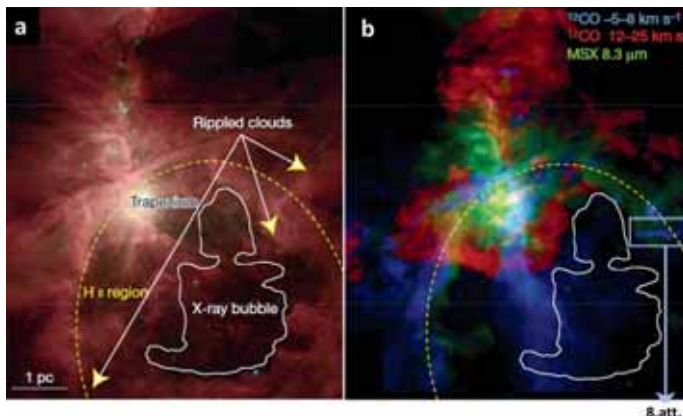
5. att. Oglekļa monoksīda molekulas CO rotācijas pārejas radiospektroskopijā izmanto starpvaigžņu vides analīzei. **a** – CO molekulas uzbūves shēma. **b** – Rotācijas kvantu stāvokļi pie kvantu skaitļa $J = 0, 1, 2, 3$; uzrādīta antenas temperatūra (T_A) – radioteleskopu parametrs, kas ir proporcionāls starojuma jaudai. **c** – CO molekulas kvantu pāreja KL miglājā; emisijas līnija ir paplašināta molekulu kustības rezultātā (Doplera efekts). Uz horizontālās ass atlikts molekulu kustības ātrums (km/s) un uz vertikālās ass – relatīvā intensitāte [6].



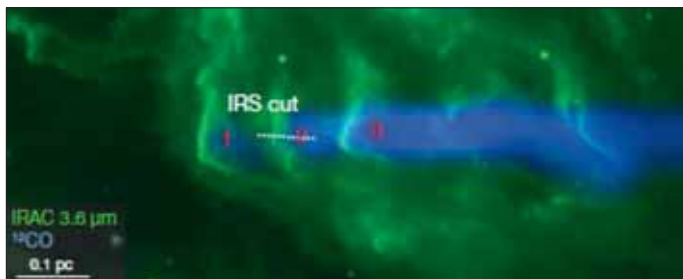
6. att. Fotostimulēto procesu modelis starpvaigžņu vidē: jauno zvaigžņu ultravioletais starojums (*UV radiation*) jonizē atomus miglājā (*HII* miglājā palielinās jonizēto H atomu koncentrācija) un disociē H_2 molekulas ($H_2 \rightarrow H + H$). Ap sākotnējo miglāju izveidojas pārejas zona (*Photodissociation Region*) ar jonizācijas (*Ioniz. Front*) un disociācijas frontēm (*Dissoc. Front*) un kā galaprodukts izveidojas blīvāks molekulārs mākonis ar zemu temperatūru un lielāku molekulu koncentrāciju (*PAH* – *Polycyclic aromatic hydrocarbons* – policikliskie aromātiskie ogļūdeņraži) [6].

3.-9. lpp.). *J. Cernicharo* astronomu grupa veica pēfijumus par starpzvaigžņu vides sastāvu, gāzes atomu un molekulu kustības ātrumiem un temperatūru (7.-9. att.) [9].

Triecienvilņu veidošanās process ir sarežģīts un aptver zvaigžņu mijiedarbību ar apkārtējiem miglājiem, kas sastāv no ūdeņraža (atomārā, jonizētā, molekulārā), hēlija un zvaigžņu kodolreakciju produktiem (C, N, O u. c.), kā arī vienkāršiem ogļūdeņraža savienojumiem (metāns CH₄ u. c.). Šajā procesā svarīga loma ir zvaigžņu starojumam un gravitācijai. Jauno zvaigžņu starojums jonizē ūdeņradi un sekmē masīva gāzes burbuļa veidošanos. Blakus šim gāzes burbulim dienvidu virzienā eksistē X-staru burbulis (*X-ray bubble*, 7. att.), kas izplešas ar ātrumu ~3 km/s [10]. Zvaigžņu starojums izraisa fotoķīmiskās reakcijas un iespaido procesus miglājos (6. att.). Dažādie ātrumi starpzvaigžņu vides apgabalos rada hidrodinamiskās nestabilitātes gāzveida plazmā, un tā rezultātā uz molekulārā mākoņa robežvirsmas veidojas mehāniskie triecienvilņi. Šos vilņus veido pagarinātas struktūras ar periodu (vilņu garumu) ap 0,1 parseku (8. att.; 1 pc = 3,086x10¹³ km = 3,261 gg). Triecienvilņu veidošanās process no bipolārām plazmas plūsmām shematiski dots 9. att. Triecienvilņi deformē molekulāro mākoņu robežvirsmu. Profesora *J. Cernicharo* grupa noteica arī šo vilņu izplatīšanās ātrumu ~5 km/s (8. att.). Šie triecienvilņi veidojas uz molekulārā mākoņa virsmas [9]. Šādi mehāniskie vilņi miglājos ar saviem kosmiskiem izmēriem un lielajiem ātrumiem atšķiras no mehāniskiem vilņiem uz Zemes. Tā skaņas vilņu ātrums pie frekvences 1 kHz

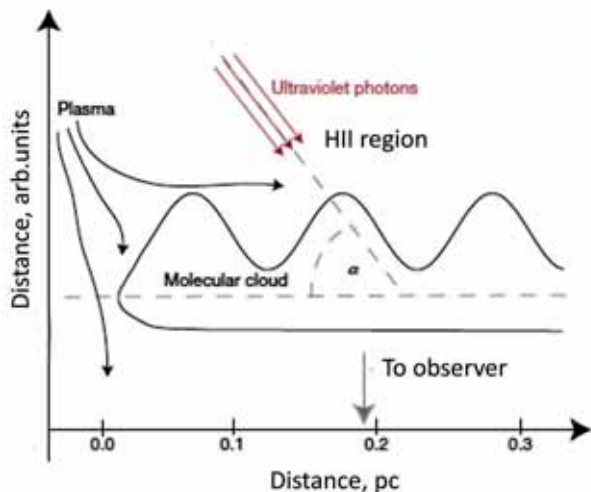


7. att. **a** – Oriona miglāja attēls: molekulārie mākoņi ar triecienvilņiem (*Rippled clouds*); *HII* miglāji (*HII region*); Trapezes zvaigžņu kopa (*Trapezium*); baltais kontūrs parāda rentgenstarojuma apgabalu (*X-ray bubble*) [5]. **b** – Oriona miglāja topogrāfija ar *IRAM* 30 metru teleskopu, izmantojot CO molekulu emisiju (kvantu rotācijas pārejas ($J = 2 \text{ à } 1, 6.$ att.)): molekulas ar ātrumu 5-8 km/s zilā krāsā, ar ātrumu 12-25 km/s sarkanā krāsā; zaļā krāsa atbilst 8 mikrometru emisijai (*Midcourse Space Experiment*). Leņķiskā izšķiršana 18" (0,04 pc). Dažādie ātrumi starpzvaigžņu gāzveida vidē ir nepieciešamie nosacījumi triecienvilņu veidošanai (8. att.) [9].



8. att. Triecienvilņi Oriona molekulārajā mākonī uzņemti ar Spicera kosmiskā teleskopa (*SKT*) *IRAC* 3,6 μm kameru (*zaļā krāsā*), un CO molekulu emisija integrēta pa visiem ātrumiem (*zilā krāsā*). Apgabalos 1, 2 un 3 pēc *SKT* arhīva analizēts molekulārais sastāvs un noteikts triecienvilņu izplatīšanās ātrums ar *SKT* infrasarkanā spektrogrāfu *IRS* (~5 km/s). 1 pc = 3,086x10¹³ km [9].

(cilvēka dzirdes maksimālā jutība) ir tikai 340 m/s un vilņu garums 30 cm!



9. att. Triecienviļņu rašanās modelis molekulāros mākoņos. Piē dažādiem starpzvaigžņu komponentu ātrumiem zvaigžņu starojums ietekmē *HII* miglājus un rada triecienviļņus uz molekulāro mākoņu robežvirsmas (7. un 8. att.). [9].

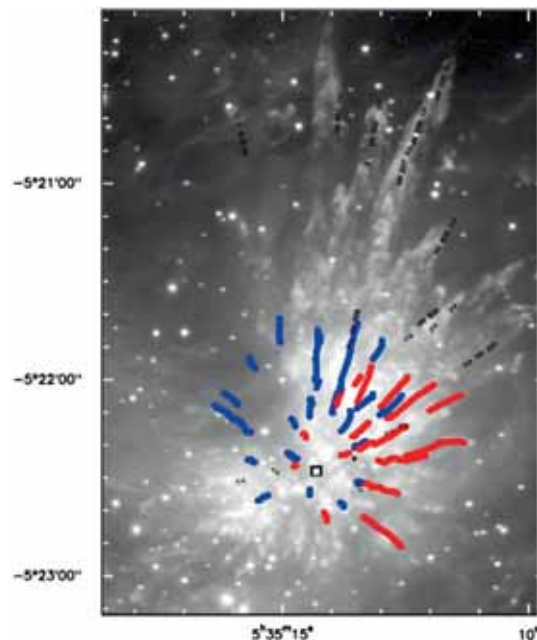
3. Radioteleskops atklāj zvaigžņu sprādzienu Oriona Molekulāro Mākoņu Kompleksā

No daudzām astronomu grupām, kuras aktīvi pēta Oriona miglāja kompleksu, aplūkosim divu grupu rezultātus – Vācijas, Taivānas, Anglijas un Meksikas astronomu grupu profesora *Luis Zapata* vadībā (Maksa Planka Radioastronomijas institūts, Bonna) [11] un ASV, Vācijas un Meksikas astronomu grupu profesora *John Bally* vadībā (Kolorādo universitāte, ASV) [12]. Profesora *J. Bally* pētījumi jau kopš pagājušā gadsimta beigām saistās ar Piena Ceļa galaktikas zvaigznēm un miglājiem, un abas grupas jau sen sadarbojas.

Abas astronomu grupas analizēja zvaigžņu sadursmju izraisīto sprādzienu Oriona miglāja kompleksā *KL* miglāja *BN* objekta rajonā (*Orion Molecular Core1, OMC1*) (1. un 3. att.). Interese par šo notikumu saistās ar zvaigžņu evolūciju starpzvaigžņu miglājos. Kosmisko sprādzienu novērojumi parasti saistās ar procesiem zvaigžņu evolūcijas beigu posmā (pārnovās, dubultzvaigznēs), atšķirībā no eksplozijas Oriona kompleksā. Sprādziens Oriona kompleksā notika divu jauno zvaigžņu

rašanās apgabalu gravitācijas mijiedarbībā, izraisot īpašu interesi.

Profesora *L. Zapata* grupa izmantoja Submilimetru režģa (*SMA*) radiointerferometru Havajās ar bāzes līnijas garumu no 6 līdz 58 m un novērojumus veica laikā no 2007. līdz 2009. gadam. Izmantojot *CO* molekulu rotācijas pārejas, grupa noteica ūdeņraža koncentrāciju un atomu un molekulu ātrumus. Būtiskais rezultāts bija sfēriskais sprādziena produktu sadalījums un plūsmas dažādos virzienos – no sprādziena centra uz perifēriju (10. att.) [11]. Šos dažādos plūsmas virzienus izskaidro ar vairāku *OMC1* miglāja zvaigžņu



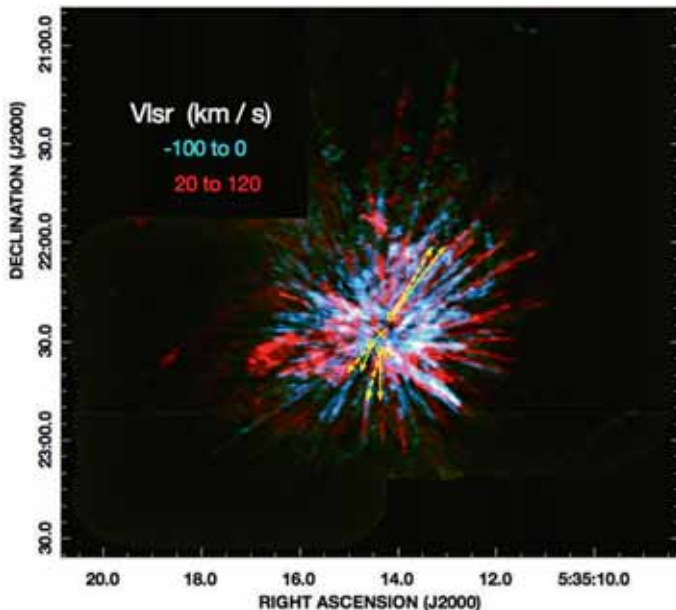
10. att. Zvaigžņu eksplozijas attēls Oriona kompleksa *BN/KL* rajonā uzņemts ar submilimetru radiointerferometru (*SMA*, Havaja): centrālais melnais kvadrāts – novērtētā sprādziena centra koordinātas (rektascensija $05^{\circ}35^{\text{m}}14^{\text{s}}.37$; deklinācija $-05^{\circ}22'27''.9$); zilā krāsā – gāzu kustība no centra; sarkanā krāsā – gāzu kustība uz centru; plūsmas ātrumi 130 km/s (zilā krāsā) un -120 km/s (sarkanā krāsā). Notikuma dinamiskais vecums ap 500 gadiem [11, 13].

iespaidu pašā sprādzienā un sprādziena produktu telpiskā sadalījumā. Gāzu plūsmas radiālie ātrumi abos virzienos sasniedza ~130 km/s. Grupa novērtēja trīsdimensionālo sprādziena produktu plūsmas sadalījumu un noteica arī H₂ molekulu ātrumu cilindriskos izvirdumos ("daudzpirkstu" morfoloģija – angl. *fingers*, 10. att.). Izmantojot kopīgos rezultātus ar profesora J. Bally grupu, L. Zapata grupa noteica sprādziena koordinātas Oriona kompleksā. Sfēriskais produktu sadalījums un dažādie ātruma virzieni parādīja, ka sprādzienā piedalījās vairākas zvaigznes, tostarp arī intensīvais radioviļņu avots *Source 1* Oriona kompleksā [11].

Pēc sprādzienu produktu ātrumiem un vietas izplešanās novērtēja notikumu vecumu (laiku). Tas iespējams tikai tuvināti. Pēc profesora Zapatas grupas vērtējuma sprādziens Oriona Molekulāro Mākoņu Kompleksā notika pirms aptuveni 500 gadiem. Šie novērtējumi sakrīt arī ar aktīvo zvaigžņu pozīcijām pirms 500 gadiem [11, 13].

Profesora J. Bally ilggadīgie pētījumi par sprādzienu Oriona kompleksa molekulārajā mākonī *OMC1* nesen tika publicēti pārskata darbā, izmantojot *ALMA* radiointerferometru 1,3 mm diapazonā, kas atbilst Zemes atmosfēras "logam" [12]. J. Bally darbā novērtēti aktīvo objektu kustības ātrumi (*BN* objekts, *Source 1* radioviļņu avots), kuri sadursmes rezultātā tika izsviesti no sākotnējām pozīcijām ar ātrumu 29 km/s un 13 km/s. No šiem ātrumiem arī varēja novērtēt notikuma (sprādziena) momentu (vecumu), kas sakrīta ar pozīciju vērtējumiem pirms ~500 gadiem (10. un 11. att.) [11, 12]. *BN* objekts ir protozvaigzne ar visspēcīgāko infrasarkanā starojuma miglājā (3. att.). *Source 1* ir masīva jauna zvaigzne *KL* miglājā. Izsviestā masa mijiedarbībā ar apkārtējām zvaigznēm veidoja

sfērisku produktu sadalījumu, kura īpašības un sastāvu ilgstoši novēro. Sprādzienā tika izdalīta milzīga enerģija ~10⁴¹ J [12]. Sprādziena produktu sfēriskais sadalījums liecina par vairāk nekā divu zvaigžņu mijiedarbību (11. att.). Attēlā novērtēts gāzu kustības ātrums no sprādziena centra (*sarkanā krāsā* 20 līdz 100 km/s) un uz centru (*zilganā krāsā* no -120 km/s līdz 0 km/s). Šie gāzu plūsmas ātrumi ievērojami pārsniedz visa *OMC1* miglāja kustības ātrumu 9 km/s. Attēlā parādītas arī aktīvo zvaigžņu pozīcijas (*dzeltenie aplī*) un nobīdes virzieni (*dzeltenās bultiņas*). Sprādzienā ierosinātie triecienviļņi ierosina molekulas un atomus izvirduma plūsmās ("pirkstos"). Dažos virzienos "pirkstu" garums ir divreiz lielāks nekā vidējais, kas deformē sfērisko sadalījumu. Miglāja plazmā blakus CO molekulām novēroja arī zvaigžņu kodolreakciju produk-



11. att. Oriona kompleksa *OMC1* (*Orion Molecular Core1*) attēls *BN/KL* rajonā uzņemts ar *ALMA* interferometru: *zilganā krāsā* – radiālie ātrumi no 0 līdz -100 km/s; *sarkanā krāsā* – radiālie ātrumi no 20 līdz 120 km/s; *dzeltenie aplī* – masīvo zvaigžņu pozīcijas; *dzeltenās bultiņas* – zvaigžņu nobīdes virziens; *dzeltenais krusts (+)* – sprādziena koordinātas [12].

tas SO, SiO un FeI (Fe⁺), kas ir raksturīgi aktīvo zvaigžņu rašanās apgabalim.

legūtie rezultāti atklāja jaunus procesus zvaigžņu un miglāju evolūcijā un vienlaicīgi arī jaunas problēmas. Atklāts jautājums ir kritiskais zvaigžņu blīvums, pie kura šāds gravitācijas izraisītais sprādziens notiek, kā arī izvies-to produktu sadalījuma detaļas.

4. Oriona Molekulāro Mākoņu Kompleksa evolūcija

Beidzamo gadu novērojumi OMMK deva daudz jaunu atklājumu gan par zvaigžņu struktūru (brūnās pundurzvaigznes), gan arī

to evolūciju un mijiedarbību ar kompleksa miglājiem. Novērotais sprādziens izraisīja īpašu uzmanību un ietekmēs arī OMC1 evolūciju. Pēc prognozēm miglāji šajā Oriona kompleksa apgabalā izplešas un tuvākajos simttūkstoš gados "izšķīdīs" starpzvaigžņu vidē [12]. Samērā nelieli attālumi (astronomiskā mērogā) paver iespējas detalizēti novērot procesus starpzvaigžņu plazmā. Viens no aktīviem Oriona kompleksa pētniekiem Bohumas universitātes (Vācija) profesors *Olgers Drass* Oriona kompleksa pētījumus raksturoja ar vārdiem: "Jaunie rezultāti atver jaunu ēru planētu un zvaigžņu veidošanās izpratnē." [4]

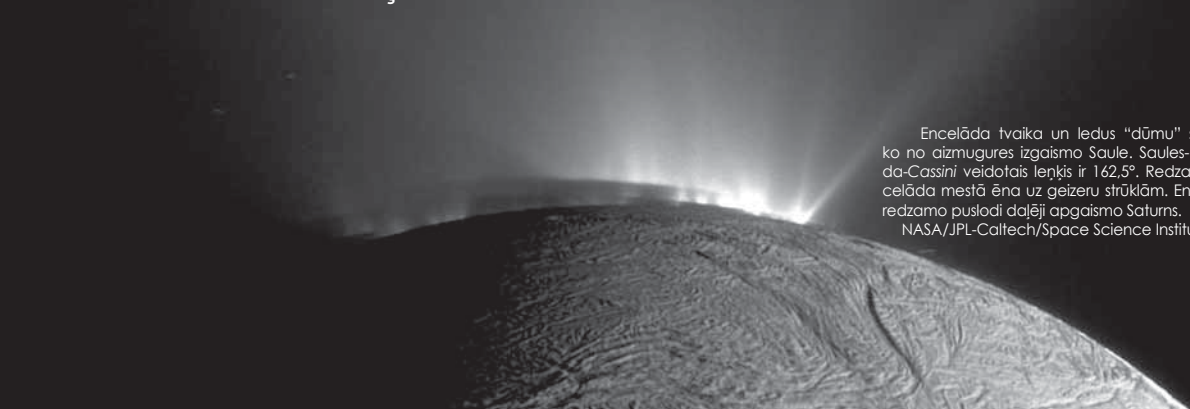
Literatūra

- [1] *Menten K.M. et al.* The distance to the Orion Nebula. – *A&A*, **474** (2) 515-520, 2007.
- [2] *Keith Noll*, NASA, ESA and the Hubble Heritage Team (STSC/AURA).
- [3] *Becklin E.E., Neugebauer G.* Observations of an Infrared Star in the Orion Nebula. – *ApJ*, **147**, 799, 1967.
- [4] *Drass H. et al.* The bimodal initial mass function in the Orion Nebula Cloud. – *MNRAS*, (2016) 461 (2), 1734-1744 arXiv:1605.03600v1, 11 May 2016.
- [5] *Thomas Preibisch et al.* X-ray emission from young brown dwarfs in the Orion Nebula Cluster. – *ApJ*, (2005) **160**, 582-593.
- [6] *Draine, Bruce T.* Physics of the Interstellar and Intergalactic Medium. – Princeton University Press, NJ: Princeton, 2011.
- [7] *Konstantin V. Getman et al.* Core-halo age gradients and star formation in the Orion Nebula and NGC 2024 young stellar cluster. – *ApJ*, **787** (2014), 109-120.
- [8] *Megeath, S.T. et al.* The Spitzer Space Telescope Survey on the Orion A and B Molecular Clouds. – *AJ*, **144** (2012), 192 (27 pp).
- [9] *Berné, Olivier; Marcellino, Núria; Cernicharo, Josè.* Waves on the surface of the Orion molecular cloud. – *Nature*, **466** (2010), 947-949.
- [10] *Garmire, Gordon et al.* Chandra X-Ray Observatory Study of the Orion Nebula Cluster and BN/KL region. – *AJ*, **120** (2000), 1426-1435.
- [11] *Zapata, Luis A. et al.* Explosive Disintegration of a Massive Young Stellar System in Orion. – *ApJ*, **704**, L45-L48, 2009.
- [12] *Bally, John et al.* The ALMA View of the OMC1 Explosion in Orion. – arXiv:submit/773892 [astro-ph.SR] 10 Jan 2017.
- [13] *Gesicki, K.; Zijlstra, A.A.* Expansion velocities and dynamical ages of planetary nebulae. – *A&A*, **358**, 1058-1068, 2000. D

**Abonē «ZVAIGŽŅOTO DEBESI»! Abonēt lētāk nekā pirkt!
Uzziņas 67 325 322 vai pa e-pastu macibu.gramata@apollo.lv**

JĀNIS JAUNBERGS

ENCELĀDA SĀLĀ ELPA

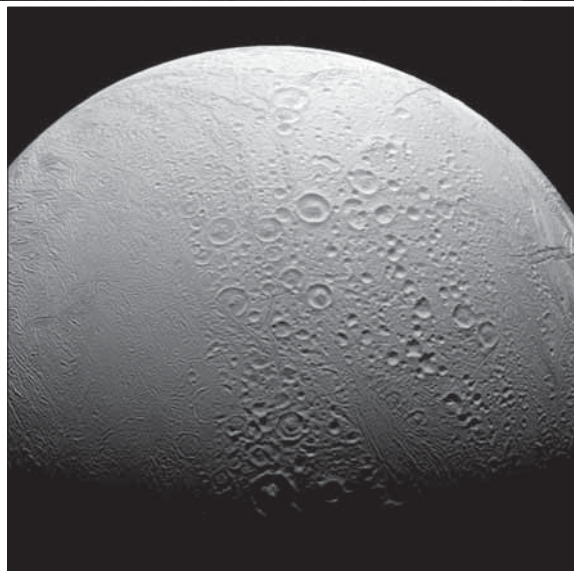


Encelāda tvaika un ledus "dūmu" strūkļas, ko no aizmugures izgaismo Saule. Saules-Encelāda-Cassini veidotais leņķis ir 162,5°. Redzama Encelāda mestā ēna uz geizeru strūkļām. Encelāda redzamo puslodi daļēji apgaismo Saturns.

NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute foto

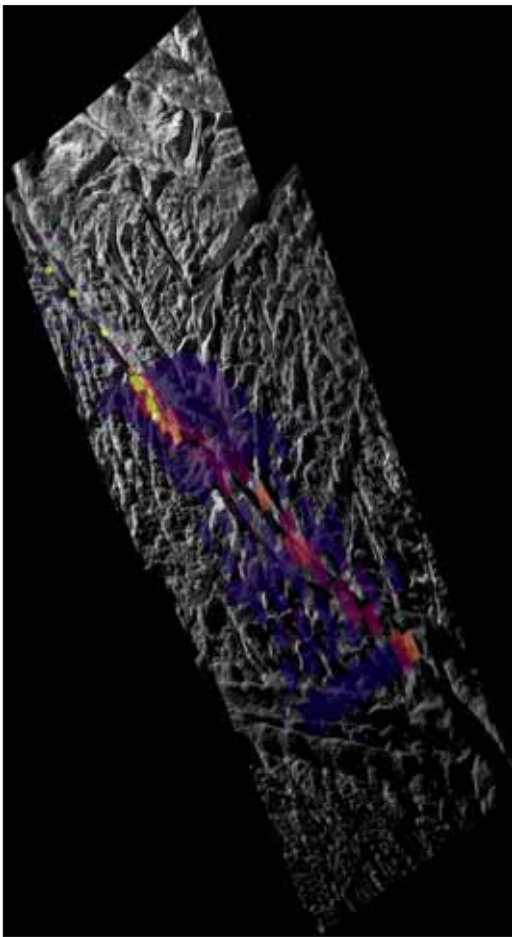
Vairāk nekā gaismas stundas attālumā no mums majestātiskajā Saturna sistēmā riņķo vairākas ledus pasaules, kuras ir pietiekami lielas, lai savas gravitācijas dēļ būtu ieguvušas apaļu formu, taču nespēj noturēt vērā ņemamu atmosfēru. Orbītās starp Saturna gredzeniem un lielo Titānu tādu pavisam ir piecas: Mimas, Encelāds, Tētija, Dione un Reja. To diametri ir no 400 km (Mimasam) un 500 km (Encelādam) līdz 1500 km (Rejai). Šo pavadoņu sniegbaltās virsmas tik labi atstaro vājo Saules gaismu, ka to vidējā temperatūra līdzinās šķidrā slāpekļa viršanas temperatūrai mūsu atmosfēras spiedienā. Ledus tādā aukstumā ir akmensciets un skaidri saglabā miljardiem gadu senus triecienkrāterus, kuri laika gaitā praktiski nav mainījušies. Ņemot vērā ledus labo siltumvadītspēju, šo pavadoņu centrā temperatūrai nevajadzētu būt īpaši augstākai, it sevišķi, ja tie satur salīdzinoši neredzami silikātiēžu un līdz ar to arī radioaktīvo elementu.

Vēl jo mazāk varētu cerēt uz zemledus okeānu pastāvēšanu šo nelielo pavadoņu



Encelāda virsma vietām ir pārmaiņus neskarīta, bet dienvidu puslodē tektoniskie procesi ir izdzēsuši senos triecienkrāterus. Attēls uzņemts 2016. g. 27. novembrī no Cassini pavadoņa 66 tūkstošu km attālumā no Encelāda.

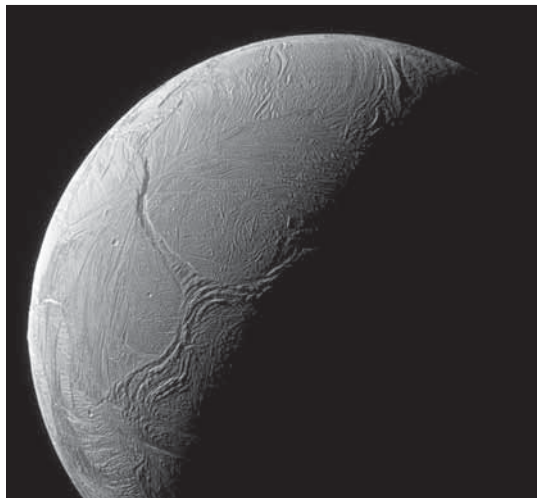
NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute foto



Redzamās gaismas fotogrāfijas montāža ar infrasarkanā spektrometra datiem parāda 40 km garu fragmentu no Encelāda dienvidpola tuvumā esošās *Baghdad Sulcus* plaisas. Tā ir viena no četrām aktīvajām plaisām, no kurām nāk tvaika strūkļas. Redzamais ielejas dziļums ir 500 m, taču plaisa ir daudzus kilometrus dziļa, līdz pat zemledus okeānam. Ledus augstākā temperatūra šajā attēlā ir 180 K, par 100 grādiem vairāk nekā neaktīvajos Encelāda reģionos. Ledu apsilda pa plaisu kāpjošais ūdens tvaiks.

NASA/JPL/GSFC/SWRI/SSI fotomontāža

iekšienē. Ja arī kādreiz Saules sistēmas pirmsākumos tie bija triecienu, pirmatnējās radioaktivitātes un iēžu hidratācijas ķīmisko reakciju rezultātā izkusuši, tad jau pēc kosmiskos



Liela daļa no Encelāda virsmas ir ģeoloģiski jauna, veidojusies pēdējo miljonu gadu laikā. Redzamas prominentas tektoniskas plaisas, bet ļoti maz triecienkrāteru. Attēls uzņemts 2016. g. 15. februārī no 100 tūkstošu km attāluma.

NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute foto

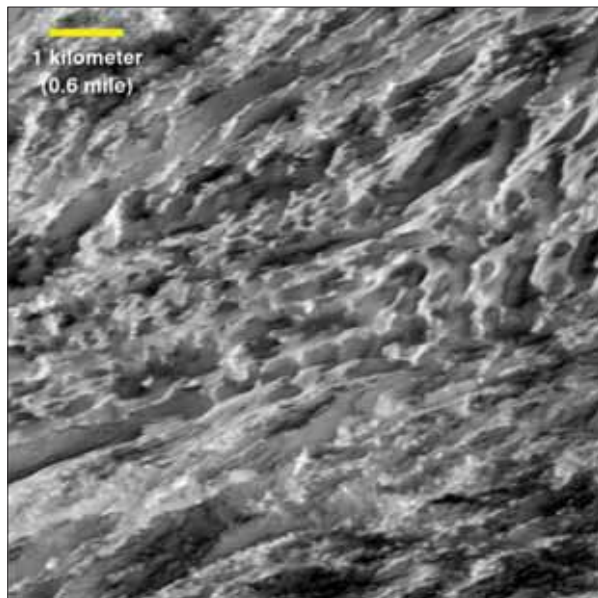
mērogos īsa laika – trīsdesmit miljoniem gadu tādām nelielām ķermenim kā Encelādam vajadzēja sasalt līdz pat serdei. Tādu sasalšanu nevarētu apturēt nedz sāļu, nedz arī amonjaka un organisko vielu klātbūtne Encelāda dzīlēs. Domājams, ka tieši tāds liktenis piemeklēja daudzus ārējās Saules sistēmas ķermeņus, piemēram, Plutona pavadoņi Hāronu, kā arī Urāna pavadoņus Mirandu, Arielu un Umbrielu, kuru virsmas šķeļ dziļas aizas, kas radušās no ūdens izplešanās, to iekšējiem okeāniem sasilstot.

Arī uz Encelāda virsmas ir tektonisku deformāciju pēdas un daudzas plaisas, taču nav tik plašu un dziļu aizu. Ievērojamus šā pavadoņa virsmas apgabalus klāj kosmiskos laika mērogos nesēn radušies rievoti ledus lauki, kuri atgādina Jupitera pavadoņu Eiropas un Ganimēda ledus tektoniku. Spriežot pēc triecienkrāteru trūkuma, Encelāda rievotajiem ledus laukiem nav vairāk par dažiem desmitiem miljonu gadu. Pirms velkam ciešas paralēles starp Encelādu un Jupitera pavadoņi Eiropu, ir jāuzsver, ka Eiropas masa ir 440 reīzu

lielāka, tāpēc tā salīdzinoši lēnāk zaudē iekšējo siltumu, un tektoniskā aktivitāte Eiropas gadījumā ir krietni vieglāk izskaidrojama.

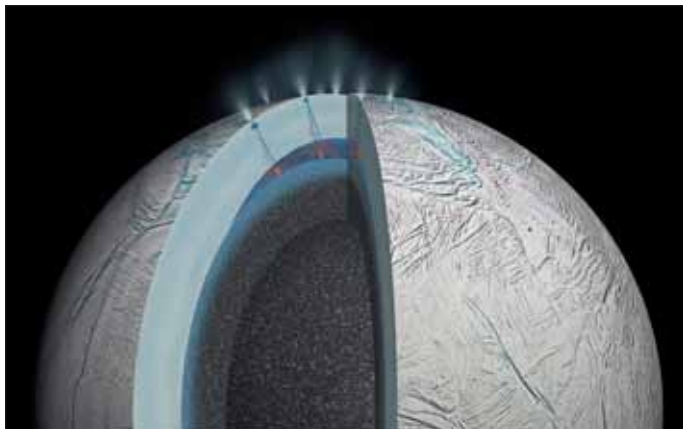
Pirms *Cassini* pavadoņa misijas orbītā ap Saturnu (2004-2017) tikai viena pazīme norādīja, ka Encelāds, par spīti tā mazajai masai, vēl mūsdienās varētu būt ģeoloģiski aktīvs. Saturnu četru līdz astoņu tā rādiusu attālumā no centra apjož plašs, difūzs ledus putekļu gredzens, kura blīvākā daļa sakrīt tieši ar Encelāda orbītu. Dēvēts par E gredzenu, tas pēc formas līdzinās toram un nav plāns kā klasiskie Saturna gredzeni, kuri sastāv no lielākām daļiņām. Sākumā *Voyager* un tad *Cassini* novērojumi liecināja, ka Saturna E gredzens ir veidots no kosmosā bieži sastopamas un ļoti interesantas matērijas – putekļainas plazmas, kur maisījumā ar joniem un elektroniem pastāv arī elektriski lādēti putekļi. Tādi putekļi savā starpā atgrūžas, tāpēc putekļainai plazmai ir raksturīgs savs spiediens un tā var izpleties pa ļoti plašu telpu. Saturna E gredzena putekļainā plazma sastāv galvenokārt no ūdens molekulām, kas salīpušas kopā molekulu agregātos, Saules UV starojuma un Saturna magnetosfēras lādēto daļiņu triecienu rezultātā zaudējušas vienu vai vairākus elektronus vai sadalījušas par dažādiem ūdeņradi un skābekli saturošiem joniem. Mikrometru lieluma ledus daļiņas savukārt ir piesaistījušas plazmas brīvos elektronus un tāpēc ir negatīvi lādētas. Tās ir pakļautas tālākai iztvaikošanai un sašķelšanai, kamēr ātri rotējošā Saturna magnētiskais lauks jonus tiecas paķert līdzī un aizvest tālu kosmosā ar vairāku desmitu kilometru sekundē ātrumu, kur tie varētu teorētiski sasniegt pat citas planētas.

Cassini veiktie Saturna E gredzena putekļainās plazmas pētījumi ļauj aplēst, ka dūmiem līdzīgo ledus daļiņu vidējais mūžs ir tikai astoņi Zemes gadi, bet kopējā E gredzena masa – aptuveni 1000 tonnu. Skaidrs, ka šī



Cassini kustības dēļ nedaudz izsmērēts Encelāda aktīvā dienvidpola reģiona attēls, iegūts no 124 km attālumā, ar 15 m izšķirtspēju. Uz virsmas redzamas arī par ledu tumšākas vielas.

NASA/JPL-Caltech/
Space Science Institute foto



Encelāda iekšiene mākslinieka skatījumā. No Encelāda virsmas dienakts librācijām izriet, ka ledus garoza nav piesaistīta kodolam un okeāns ir globāls. Tajā pašā laikā nav skaidrs, kāpēc aktivitāte ir lokalizēta tikai dienvidpola rajonā.

NASA/JPL-Caltech zīmējums

matērija no kaut kurienes nāk, un tās acīmredzamais avots ir Encelāds. Kosmosa fizikā daudzviet ir novērots, ka planetāri objekti var piesārņot telpu ar dažādiem joniem un atomiem, kad to atmosfēra vai virsma tiek bombardēta ar paātrinātām daļiņām. Tādā veidā rodas netverami retinātas "atmosfēras" gan ap mūsu Mēnesi, gan arī ap Jupitera pavadoņiem, kur bombardējošo daļiņu paātrinātājs ir Jupitera rotējošais magnētiskais lauks. Tāpēc pirmais pieņēmums par Saturna E gredzena izcelsmi bija tāds, ka arī Encelāda virsmu bombardē Saturna magnetosfēras jonu triecieni un tāpēc tā ir pakļauta erozijai. Putekļus savukārt varētu izskaidrot ar meteorītu vai lielāku gredzena daļiņu sadursmēm. Tomēr tad paliek mīkla, kāpēc E gredzens gar Encelāda orbītu ir tik intensīvs, salīdzinot ar citu Saturna pavadoņu apkaimi. Jau pirms *Cassini* misijas radās nojausma, ka mazais Encelāds varētu būt vulkāniski aktīvs un pats izmest savu vielu Saturna orbītā, bet tādu ideju apstiprināšanai bija jāgaida līdz *Cassini* misijas agrīnajiem rezultātiem.

Pirmos Encelāda tuvplāna attēlus *Cassini* ieguva 2005. gada 17. februārī un pēc tam kopumā veica vēl 22 pārlidojumus, no kuriem tuvākais bija tikai 25 km attālumā. Redzamajā gaismā uzņemtais fotogrāfijas rādīja, ka no Encelāda dienvidpola apkaimes paceļas vairākas tvaika strūklu rindas, kas kosmiskajā vakuumā un vāmajā Encelāda gravitācijā (1,1% no Zemes gravitācijas, otrs kosmiskais ātrums tikai 239 m/s) sasniedz vairāk nekā 1000 km augstumu, un apmēram 9% no šo strūklu izmestā tvaika un ledus kristāliņiem kļūst par daļu no Saturna E gredzena. Tajā pašā laikā Encelāds ar savu orbitālo kustību ap Saturnu un vājo gravitāciju daļēji "saslauka" E gredzena vielu, un krītošās mikrometru lieluma ledus "dūmu" daļiņas tā virsmu pārklāj ar kaut ko līdzīgu irdenam pulverveida sniegam, kas kā balta sega atstaro Saules gaismu un arī palīdz saglabāt ledus garozas siltumu.

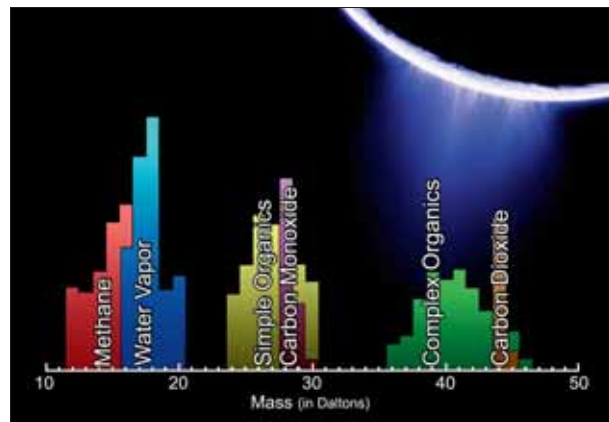
Infrasarkanās fotogrāfijas Encelāda dienvidpola rajonā uzrādīja četras siltākas joslas,



Pārgaismots Saturna E gredzena attēls aptuveni dabiskās krāsās. Redzams mazais Encelāds un tā mestā ēna.

NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute/
Val Klavans foto

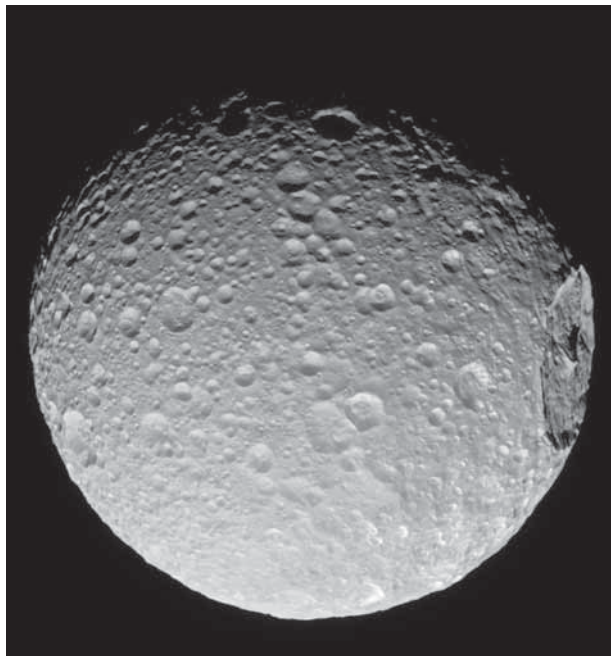
kuru atrašanās vieta sakrīt ar ledus garozas plaisām, no kurām nāk tvaika strūkļas. Katra no šīm plaisām stiepjas vidēji 130 km garumā, un to kopējā izstarotā siltuma jauda ir ap 5 gigavatiem, lai gan precīzus mērījumus ap-



Cassini vienkāršais masspektrometrs ar ļoti ierobežotu detektējamo masu diapazonu tomēr pārliecinoši uzrādīja organisku vielu klātbūtni Encelāda "izelpotajās" gāzēs. Daltoni (Da) ir atommasas mērvienības: ūdeņradis = 1 Da, ogleklis-12 = 12 Da utt. NASA/JPL/SwRI dati un grafiks

grūtiņa atstarotais Saules infrasarkanais starojums. Šī jauda ir milzīga, saīdinot ar dabisko radioaktīvo elementu sabrukšanas dotu siltumu, kas Encelāda iezu kodolu silda tikai ar aptuveni 0,3 gigavatu jaudu.

Kāds enerģijas avots varēja Encelāda iekšieni tik stipri sasildīt, ka tas nemitīgi izverd kosmosā tvaika strūkļas, turklāt ilgākā laikā ir atjaunojis lielu daļu no dienvidu puslodes virsmas, tā ka tur nav neviena triecienkrātera? Paļaujoties uz zināšanām par Jupitera pavadoņu aktivitāti, varam spriest, ka Encelāds savu siltuma enerģiju gūst no paisuma spēkiem. Tas riņķo dziļi Saturna gravitācijas laukā un jau sen ir pieskaņojis diennakts ilgumu savam 33 stundu apriņķošanas periodam. Tātad uz Encelāda nav tādu paisumu, kādus Mēness



Encelāda orbitālais kaimiņš Mimas neuzrāda nesenas tektoniskās aktivitātes pēdas, lai gan tas ir pakļauts 29 reizes spēcīgākai Saturna paisuma spēku iedarbībai. Saturna gravitācijas dēļ Mimas ir olveidīgs – virzienā uz Saturnu tā diametrs ir par 10% lielāks nekā perpendikulārā virzienā. NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute foto

izraisa uz Zemes, jo Saturns Encelāda debesis pārvietojas tikai šaurās robežās. Tomēr Saturna gravitācija Encelādu periodiski deformē citos veidos. Tā kā Encelāda orbīta ap Saturnu ir nedaudz ekscentriskā (tās ekscentricitāte ir 0,0047, attālums līdz Saturnam apriņķojuma gaitā mainās par 0,94%), Saturna pievilksanas spēks apriņķojuma laikā mainās par 1,9%, tāpēc tas Encelādu periodiski izstiep un atlaiž. Nedaudz eliptiskā orbīta izraisa arī librācijas – bīžiem Encelāda kopumā sinhronā rotācija aizsteidzas priekšā tā orbitālajai kustībai, bet bīžiem atpaliek. Arī tas izraisa periodiskas deformācijas, iekšējo berzi un varbūt pat Encelāda trīces, kas pārvēršas siltumā.

Cerams, ka šie skaidrojumi par Encelāda iekšējā siltuma izcelsmi ir visnotaļ pareizi, taču vēl tuvāk Saturnam orbītā ar rādiusu no 182 līdz 189 tūkstošiem kilometru riņķo Encelādam pēc lieluma aptuveni līdzīgais ledus pavadoņš Mimas, kas ir pakļauts vēl spēcīgākai Saturna gravitācijas ietekmei. Mimasas orbītas ekscentricitāte ir 0,0196. Tā kā paisuma deformācijas ir proporcionālas ekscentricitātes kvadrātam un apgriezti proporcionālas orbītas rādiusa kvadrātam, Mimasam vajadzētu silt 29 reizes spēcīgāk nekā Encelādam, taču uz Mimasas nav nesenas tektoniskās aktivitātes pēdas, nemaz nerunājot par tvaika geizeriem. Kā gan tas ir iespējams?

Ticamākais skaidrojums ir tāds, ka paisuma spēki spēj sildīt tikai plastiski deformējamu ķermeni, bet tāda dziļi sasalusi ledus bumba kā Mimas nav plastiska, bet gan elastīga. Līdzīgi kā ideālu atsperi nevar sasildīt, to saspiežot un atlaižot, arī Mimasas savā ekscentriskajā orbītā ir pakļauts elastīgām deformācijām, kas nedod siltumu. Encelāds turpretim ir silts un plastisks, tāpēc savas orbītas ekscentricitāti pārvērš vēl papildu siltumā, rezultātā Encelāda orbītas ekscentricitāte ir mazāka nekā Mimasam. Ja Encelāda orbītas ekscentricitāte netiktu uzpumpēta mijiedarbībā ar citiem Saturna pavadoņiem, jau dažu miljonu gadu laikā Encelāda orbīta kļūtu pilnīgi apaļa un iekšējais siltums izbeigtos.



No Saturna ēnas uzņemtajā gredzenu sistēmas fotomontāžā redzams, ka ārējais, difūzais E gredzens visvairāk Saules gaismas izkļiedē uz priekšu, nevis atstaro, jo tā daļiņu lielums ir vidēji 1–3 mikrometri. E gredzena avots ir Encelāda geizeri. E gredzena iekšpusē ir līdzīgais bet vājākais G gredzens, kuru veido mazo pavadoņu sadursmēs radušies putekļi.

NASA/JPL-Caltech/SSI foto ar paaugstinātu kontrastu

Par laimi, Encelāds ap Saturnu neriņķo viens, un arī Saturns nav ideāli elastīgs. Tā kā Encelāds un citi pavadoņi izraisa nelielus paisuma viļņus Saturna atmosfērā, bet paša Saturna rotācija ir ātra, uz Saturna esošie paisuma viļņi tiek aiznesti Saturna rotācijas virzienā un ar gravitācijas palīdzību nedaudz velk uz priekšu pavadoņus, miljardiem gadu laikā lēnām paplašinot to orbītas. Tuvāko pavadoņu orbītas paplašinās ātrāk, līdz ar to mainās attālumi starp orbītām un apriņķojumu periodu attiecība. Pašlaik Encelāds ir nonācis apriņķojuma periodu attiecībā 1:2 ar desmit reīžu masīvāko Dionei un vienmēr palido garām Dionei vienā un tajā pašā savas orbītas punktā, katru reizi nododot Dionei mazliet no savas orbitālās enerģijas. Šāda rezonanse nozīmē, ka Encelāda un Diones orbītas tālāk evolucionē kopā, saslēgtas 1:2 periodu attiecībā, bet satikšanās un enerģijas nodošana vienā orbītas punktā uzpumpē Encelāda ekscentricitāti. Pārmērīga ekscentricitāte varētu izjaukt orbītu rezonansi, taču, ja Encelāda iekšiene spēj orbitālo ekscentricitāti pārvērst siltumā, tads Saturna rotācijas darbināts “dzinējs” var darboties miljardiem gadu ilgi, nekad neļaujot Encelāda dzīlēm

sasalt. No datormodelļiem un Mimasas piemēra ir redzams: ja Encelāds kādreiz būtu sasalis, tas praktiski nemaz neģenerētu siltumu no paisuma spēkiem un nekad vairs neatkustu. Var secināt, ka Encelāds atšķirībā no tektoniski inertajiem vidēji lielajiem Saturna pavadoņiem vienmēr ir bijis silts, lielā mērā pateicoties aritmētiskām nejaušībām – apriņķošanas periodu attiecībām jeb orbitālajām rezonansēm ar dažiem no saviem kaimiņos esošajiem pavadoņiem. Vai Encelāds visā Saturna sistēmas vēstures gaitā ir bijis tik aktīvs kā pašlaik, ir cits jautājums. Ik sekundi izmetot kosmosā 200 kilogramu savas vielas, tas laika gaitā būtu zaudējis trešo daļu savas masas. Virsmas senākie apgabali Encelāda ziemejpola apkaimē neliecina par tik dramatisku garozas saraušanos. Arī no orbitālās evolūcijas viedokļa vidējai siltuma jaudai, kas tiek ģenerēta Encelāda iekšienē, vajadzētu būt mazākai – tikai 1,1 gigavatiem novērojamo 5 gigavatu vietā. Tāpēc varētu domāt, ka mums ir paveicies novērot mūžīgi siltā Encelāda neparasti aktīvu fāzi, ko ir izraisījusi vai nu svārstīga orbitālā ekscentricitāte, ledus garozas nestabilitāte, vai arī kādi mums neredzami izvirdumi no tā silikātiežu kodola.

Pašlaik ir grūti izskaidrot, kurā vietā Encelāda iekšiene ir tik viskoza, lai samērā nelielās mehāniskās deformācijas ar īso 33 stundu periodu tik efektīvi pārvērstos siltumā. Lielākā daļa no Encelāda virsmas saglabā senus krāterus, tātad ledus nav plūstošs pat zem siltumu aizturošās sniega segas. Okeāna ūdens savukārt ir ar pārāk zemu viskozitāti, lai sasiltu no nelielām paisuma kustībām. Garozas dziļāko slāņu silto ledu no augšas ierobežo aukstā, cietā garoza, bet dienvidpola apkaimes siltais, viskozais ledus slānis ir apjomā pārāk neliels. Galvenā uzmanība tāpēc jāpievērš Encelāda silikātiestu kodola īpašībām, proti, iespējai, ka tas nav sakusis un akmensciets monolīts, bet vairāk līdzinās milzīgai, dubļainai mālu pikai. Encelāds ir pietiekami mazs, lai tā iežu kodola temperatūra pirmatnējo radioaktīvo elementu sabrukšanas rezultātā nekad nebūtu pārsniegusi dažus simtus grādu pēc Celsija, bet vājās gravitācijas dēļ spiediens Encelāda centrā nepārsniedz 300 atmosfēras. Ar šādu temperatūras un spiediena kombināciju nepietiek, lai no kodola iztvaicētu vai izspiestu ūdeni. Tieši otrādi, ūdens Encelāda kodolā lieliski iederas kā siltumnesējs, kas zem spiediena cirkulē pa iežu plaisām, pārnesot kodola siltumu uz ledus garozu. Karsts ūdens šķīdina silikātiestus, jo sevišķi tādus pirmatnējos meteorītu minerālus kā olivīns, pārvēršot tos hidratētos silikātos un mālos. Encelāda kodols droši vien ir laika gaitā pārtapis par 300 km diametra mālu, smilšu un sulfīdu minerālu piku. Jādodomā, ka tas noteikti nav ciets un elastīgs un pakļaujas paisuma deformācijām, sildot visu Encelādu.

Šaubas par Encelāda iekšējā okeāna pastāvēšanu tika efektīvi noraidītas 2009. gadā, kad *Cassini* komandas zinātnieki prestižajā zinātnes žurnālā *Nature* publicēja Encelāda izmesto ledus putekļu masu spektrus. Lidojot cauri tvaika strūklām ar 6 km/s ātrumu, *Cassini* ne tikai sajuta gāzdinamisko pretestību un zaudēja 0,25 milimetrus sekundē no sava ātruma, bet arī sadursmēs ar putekļiem radīja mazus plazmas uzliesmojumus, kurus detek-



Encelāda dienvidpola rajons ar četrām siltajām plaisām tika pētīts arī ar *Cassini* radaru, kas parādīja virsmas nelīdzenumus 2 cm mērogā (*lielā josla ir radara attēls*).

NASA/JPL-Caltech/SSI fotomontāža

tēja kosmisko putekļu analizatora masu spektrometrs. Izrādījās, ka Encelāda geizeru strūklas sastāv ne tikai no ūdens tvaika un ledus. No ledus radušies joni saturēja arī piesaisfītus nātrija, hlorīda un hidroģēnkarbonāta jonus, kā arī pavisam neredz kālīja jonu (1/100-1/200 daļa no nātrija jonu daudzuma). Gāzu sastāvā bija amonjaks, slāpekļis vai oglekļa monoksīds, oglekļa dioksīds, ūdeņradis, metāns un augstāki ogļūdeņraži līdz pat pentānam, sērūdeņradis, kā arī ciānūdeņražskābe (zilskābe). Dažas no daļiņām saturēja silikātus, kas liecina par aktīvu konvekciju un dubļu klātbūtni Encelāda sālsūdens okeānā. Šādi masu spektri atgādina vidi, kāda rastos, ūdenim reaģējot ar pirmatnējām organiskajām vielām no oglekļa meteorītiem un starpzvaig-



Encelāda tvaika geizeru izmestie ledus “dūmi” ir vislabāk redzami virzienā pret Sauli, šajā gadījumā leņķis Cassini-Encelāds-Saule bija 161°. Attēls uzņemts 2005. g. 27. novembrī no 148 tūkstošu km attāluma.

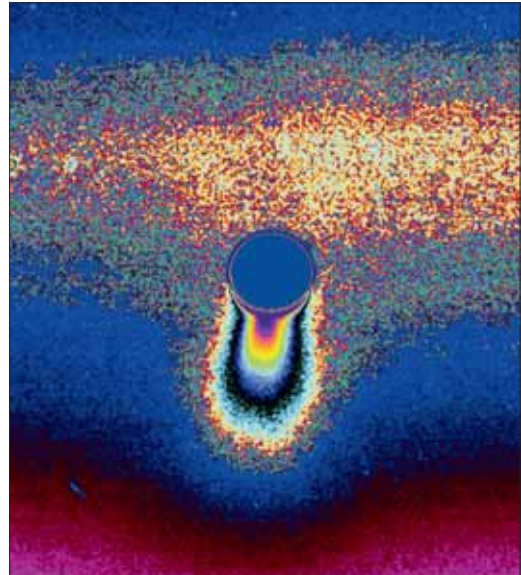
NASA/JPL/Space Science Institute foto nosacītās krāsās

žņu putekļiem. Tas arī ir viss, kas pagaidām zināms par Encelāda okeāna ķīmiju – tas ir kopumā reducējošs (ūdeņradis un organiskās vielas), sārmais (amonjaks un karbonāti) un toksisks Zemes dzīvībai (ciānūdeņražskābe un sērūdeņradis). Taču vienlaicīga ūdeņraža un oglekļa dioksīda pastāvēšana šajā vidē dod potenciālu enerģijas avotu primitīvām metanogēnām baktērijām, tātad Encelāda vide ir neapšaubāmi interesanta kā astrobioloģisku pētījumu objekts, jo sevišķi vilinoša tāpēc, ka tās viela ir pieejama analīzēm gan Saturna orbītā kā E gredzena putekļi, gan arī kā sniegs uz Encelāda virsmas un, ja izdotos sagatavot ideāli sterilu zondi, tad arī nolaižot to kādā no tvaika geizeru plaisām.

Pilnīgi iespējams, ka Encelāda okeāna sastāvs ir tipisks pirmatnējiem okeāniem, kuri nekad nav saskārušies ar skābekli saturošu atmosfēru. Vērojot plaisas un tektonisko deformāciju pēdas uz tādiem ķermeņiem kā

Jupitera pavadoņi Europa un Ganimēds, Saturna pavadoņi Dione, kā arī Urāna pavadoņi Miranda, Titānija un Ariels, jādomā, ka Encelādam līdzīgi tvaika geizeri ir darbojušies arī tur, atstājot sniega segas, kuras kādreiz izanalizēs Zemes sūtņi. Ja ledus ķermenim ir iekšējais okeāns un pietiekami plāna garoza, lai paisuma spēki tajā pavērtu plaisas, ūdens saskarē ar kosmisko vakuumu vārās un geizeri ir praktiski neizbēgami. Ūdens tvaikam sasilstot uz plaisu iekšējās virsmas, milimetru pa milimetram veidojas jauna garoza, un pēc miljardiem gadu tie ir plaši, rievoti līdzenumi, kādus redzam uz daudzām ārējās Saules sistēmas ķermeņu virsmām.

Divpadsmit gados, kas pagājuši kopš Encelāda geizeru atklāšanas, ir formulēti vairāki robotmisiju priekšlikumi tālākai Saturna sistēmas, jo sevišķi Titāna un Encelāda izpētei. Galvenie Encelādam vēltie instrumenti būtu uzlaboti masspektrometri ar simtiem līdz tūk-



Cassini pavadoņi uzņēma šo Encelāda izmesto tvaika un ledus “dūmu” strūklu attēlu 2006. g. 24. martā no 1,9 miljonu km attāluma virzienā pret Sauli.

NASA/JPL/Space Science Institute foto nosacītās krāsās

stošiem reižu augstāku jutību un izšķirtspēju, kā arī nosakāmo masu diapazonu nekā attiecīgajam *Cassini* instrumentam. Ir arī aprakstīti plāni uztvert Encelāda izmestos puteklus aerogela blokos un nogādāt analīzei Zemes laboratorijās. Ja izdotos zondi nosēdināt uz Encelāda virsmas, varētu pamatīgāk izanalizēt ap geizeriem sakrājušos sniega nosēdumus. Tomēr visi šie priekšlikumi pagaidām nav uzvarējuši konkursos par valdības aģentūru finansējumu, un nākamās ārējās Saules sistēmas misijas nebūs uz Saturna sistēmu, bet gan pēfīs Jupitera pavadoņus, jo sevišķi Eiropu. Divreiz tuvāk par Encelādu, Eiropa ir

vieglāk sasniedzams un lielāks pētījumu objekts. Pamatojoties uz dažiem Habla kosmiskā teleskopa novērojumiem uz izšķirtspējas robežas, pastāv uzskats, ka arī Eiropas iekšējā okeāna ūdens epizodiski tiek izmests tvaika strūklu veidā, tāpēc jau 2022. gadā uz Jupitera sistēmu dosies ar jutīgu masspektrometru un citiem instrumentiem aprīkotā NASA robotzonde *Europa Clipper*, kā arī vairāk Ganimēdam veltītā ESA robotzonde *Jupiter Icy Moons Explorer (JIME)*. Tādējādi Encelāda uzskatāmais piemērs iedvesmos tālāku ārējās Saules sistēmas ledu pasaļu izpēti, pat ja tie ir Jupitera, nevis Saturna pavadoņi.

Avoti:

1. Meyer, J.; Wisdom, J. Tidal evolution of Mimas, Enceladus, and Dione. – *Icarus*, 193, **2008**, 213.
2. Postberg, F.; Kempf, S.; Schmidt, J.; Brilliantov, N.; Beinsen, A.; Abel, B.; Buck, U.; Srama, R. Sodium salts in E-ring ice grains from an ocean below the surface of Enceladus. – *Nature*, Vol. 459, **2009**, 1098.
3. McKay, C. P.; Khare, B. N.; Amin, R.; Klasson, M.; Kral, T. A. Possible sources for methane and C₂–C₅ organics in the plume of Enceladus. – *Planetary and Space Science*, 71, **2012**, 73.
4. Iess, L.; Stevenson, D. J.; Parisi, M.; Hemingway, D.; Jacobson, R. A.; Lunine, J. I.; Nimmo, F.; Armstrong, J. W.; Asmar, S. W.; Ducci, M.; Tortora, P. The gravity field and interior structure of Enceladus. – *Science*, Vol. 344, **2014**, 78.
5. Engelhardt, I. A. D.; Wahlund, J.-E.; Andrews, D. J.; Eriksson, A. I.; Ye, S.; Kurth, W. S.; Gurnett, D. A.; Morooka, M. W.; Farrell, W. M.; Dougherty, M. K. Plasma regions, charged dust and field-aligned currents near Enceladus. – *Planetary and Space Science*, 117, **2015**, 453.
6. Travis, B. J.; Schubert, G. Keeping Enceladus warm. – *Icarus*, 250, **2015**, 32.
7. Roberts, J. H. The fluffy core of Enceladus. – *Icarus*, 258, **2015**, 54.
8. Sakai, S.; Cravens, T. E.; Omid, N.; Perry, M. E.; Waite, J. H. Jr. Ion energy distributions and densities in the plume of Enceladus. – *Planetary and Space Science*, 130, **2016**, 60.
9. Thomas, P. C.; Tajeddine, R.; Tiscareno, M. S.; Burns, J. A.; Joseph, J.; Lored, T. J.; Helfenstein, P. Enceladus's measured physical libration requires a global subsurface ocean. – *Icarus*, 264, **2016**, 37.
10. Nakajima, M.; Ingersoll, A. P. Controlled boiling on Enceladus. 1. Model of the vapor-driven jets. – *Icarus*, 272, **2016**, 309.
11. Ingersoll, A. P.; Nakajima, M. Controlled boiling on Enceladus. 2. Model of the liquid-filled cracks. – *Icarus*, 272, **2016**, 319.
12. Kamata, S.; Nimmo, F. Interior thermal state of Enceladus inferred from the viscoelastic state of the ice shell. – *Icarus*, 284, **2017**, 387.

Saites:

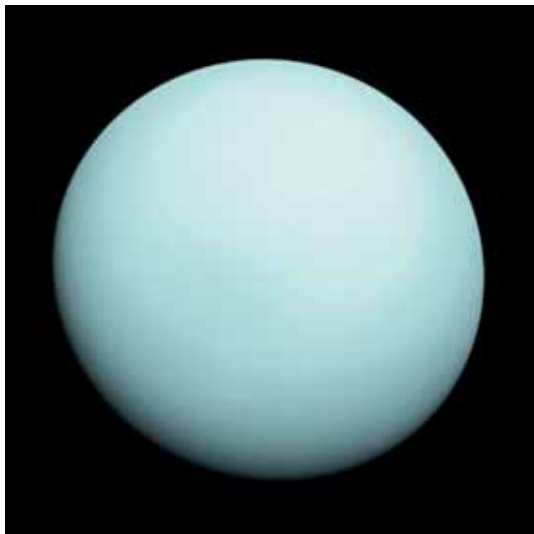
Cassini misijas attēlu arhīvs: <https://saturn.jpl.nasa.gov/galleries/images/>

Cassini zinātnieku videoklips par Encelāda izpēti: <https://www.youtube.com/watch?v=s6xl9a-bYL2k>

Vikipēdijas raksts par Encelādu: https://en.wikipedia.org/wiki/Enceladus_D

VOYAGER – VISILGĀK UN VISTĀLĀK

Lielais ceļojums pa Saules sistēmu sākas 1977. gada 20. augustā² 14:29:00 UTC, kad startēja Voyager 2. Jau 5. septembrī 12:56:00 UTC tai pievienojās Voyager 1. Tātad šoruden Voyager³ (latv. – ceļotājs) zondēm



Voyager zonde (zīmējums) un tās uzņemtie planētu attēli: Saturns (blakus), Urāns un Neptūns.

NASA/JPL attēli

aprit 40 gadu (sk. vāku 4. lpp.), un tās vēl arvien uz Zemi sūta derīgus zinātniskos datus.

Starta laiks nebija izraudzīts nejauši. Misijas¹ mērķis bija pārliidot ārējās Saules sistēmas planētas, uzņemt to attēlus un ievākt citus datus. Šādai misijai labvēlīgs planētu izkārtojums, kad zondes varēja tās apmeklēt citu pēc citas, vērojams vienu reizi 175 gados.

Voyager 1 trajektorija veda no Zemes uz Jupiteru⁴ un Saturnu^{6, 7}. Voyager 2 devās uz Jupiteru⁵ un Saturnu⁸, bet tālāk uz Urānu un Neptūnu, kļūstot par vienīgo zondi, kas šīs divas planētas jebkad apmeklējusi un tuvākajā laikā apmeklēs, jo šobrīd nav plānu uz tām sūtīt kādu citu zondi.

Šobrīd Voyager 1 ir vienīgā kosmiskā zonde, kas sasniegusi starpzvaigžņu telpu un darbojas. Tas notika ap 2012. gada augustu, bet par to uzzinājām tikai 2013. gadā, kad zinātnieki bija veikuši Voyager 1 ievākto datu analīzi. Konstatēts, ka Voyager 1 apkārtnē heliopauze sākas 121 a.v. attālumā no Sau-

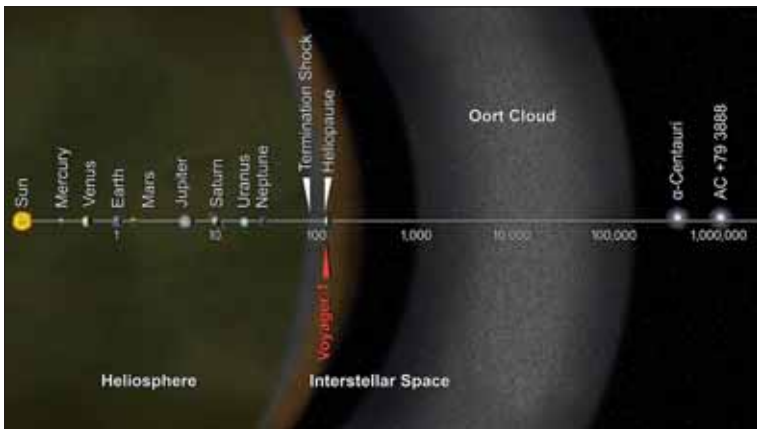
les. Heliopauze ir apgabals, kur Saules vēja spiediens ir vienāds ar starpzvaigžņu telpas gāzu spiedienu, un uzskatāma par starpzvaigžņu telpas robežu. Te gan jāpiebilst, ka šobrīd Voyager 1 atrodas starpzvaigžņu telpas apgabalā, kas nav pilnībā brīvs no Saules ietekmes.

Vai var teikt, ka Voyager 1 pametusi Saules sistēmu? Atbilde ir – nē, jo astronomi par Saules sistēmas robežu uzskata Orta mākonī. Pēc aplēsēm, lai nonāktu pie Orta mākoņa iekšējās robežas, Voyager 1 jāilido vēl apmēram 300 gadu, bet, lai izlidotu tam cauri, – 30 000 gadu. Tomēr var teikt, ka Voyager 1 šobrīd atrodas vidē, ko veido matērija no citām zvaigznēm, ne Saules.

Nav gan nozīmes kalt plānus Orta mākoņa izpētei, jo paredzams, ka, samazinoties enerģijas avotu jaudai, pārraidītos datus pārstāsim uztvert ap 2025. gadu: ap to laiku tiks izslēgts pēdējais zinātniskais instruments, pirms tam pakāpeniski citu pēc cita izslēdzot šobrīd vēl aktīvos.

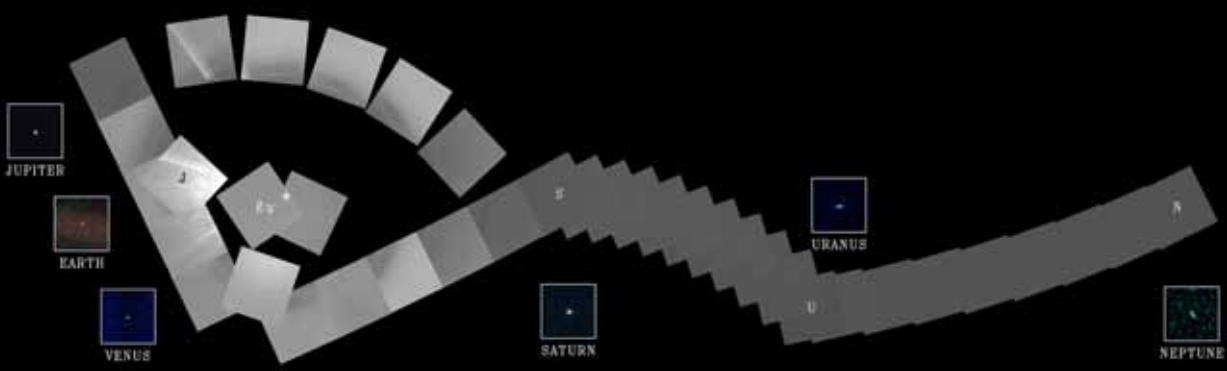
Protams, Voyager misijās nav iztīcis bez starpgadījumiem. Piemēram, nebija zināms, vai Voyager 1 nesēja raķetes (Titan IIIE) 3. pakāpes (Centaur) degvielas tvertnēs pēc nonākšanas t.s. parkošanās orbītā (pagaidu orbīta ap Zemi, no kuras notiek starts misijā) ir pietiekami daudz degvielas zondes nosūtīšanai misijā. Kad Centaur dzinēji tika apturēti, jo bija izdevies Voyager 1 piešķirt nepieciešamo ātrumu misijas veikšanai, tās degvielas tvertnēs bija palikusi degviela 3,5 sekunžu darbībai...

Voyager^{9, 10, 11} veiktos atklājumus, bet it īpaši uzņemtos attēlus, patiesas apbrīnas vērtus padara tehniskais aprikojums, kāds zondēm bija. Tika izmantota analogā kamera ar aktīvo apgabalu 11,14 x 11,14 mm. Lai uzņemto



Mākslinieka zīmējums perspektīvā parāda attālumus Saules sistēmā. Mēroga skala ir astronomiskajās vienībās (a.v.). Katrs solis aiz 1 a.v. – vidējā attāluma no Saules līdz Zemei ap 150 milj. km – ir 10 reīzu lielāks par iepriekšējo. Neptūns, tālākā planēta no Saules, ir aptuveni 30 a.v. Aiz Orta mākoņa ārējās malas citu zvaigžņu gravitācija ņem pārsvaru pār Saules ietekmi. NASA's Voyager 1, cilvēces vistālākā kosmiskā zonde, ir ap 125 a.v. Alfa Centauri ir pašlaik Saules sistēmai tuvākā zvaigzne.

NASA/JPL-Caltech attēls



1990. gada 14. februārī Voyager 1 uzņemtais Saules sistēmas ģimenes portrets. Attēlu veido 60 atsevišķi kadri. Interesanti, ka Zeme atrodas izkliedētas gaismas starā, kas radijs tādēļ, ka attēls, lai uzņemtu Zemi, kadrēts tuvu Saulei.

NASA/JPL attēls

attēlu digitalizētu (nolasītu) 800 x 800 pikseļu izšķirtspējā, nepieciešamas 48 sekundes.

Tieši ar šādu kameru neilgi pirms tās izslēgšanas uz visiem laikiem 1990. gada 14. februārī Voyager 1 uzņēma slaveno Saules sistēmas ģimenes portretu. Tas ir attēls (montāža), kurā no viena skatpunkta 32 grādus virs ekliptikas plaknes, gandrīz 6,5 miljardu kilometru attālumā no Saules vienkopus redzamas Saules sistēmas planētas un Saule. Attēlā nav Merkura, jo tas ir pārāk tuvu Saulei, un Marsa, jo kamera to nespēja nofiksēt. Par šo attēlu uzņemšanu vairākus gadus aģitēja astronoms Karls Sagans, kas tolaik bija Voyager attēlu apstrādes komandas sastāvā.

Tieši Zemes attēls no šīs montāžas iedvesmojis Sagana slaveno blāvo zilo punktu (*Pale Blue Dot*). Viņš ir teicis, ka ikviens cilvēks, kurš jebkad ir dzīvojis, nodzīvojis savu dzīvi uz šā punkta.



Blāvais zilais punkts – Zemes attēls no 1990. gada 14. februārī Voyager 1 uzņemtā Saules sistēmas ģimenes portreta. Attēlā Zeme ir tikai 0,12 pikseļus liela.

NASA/JPL attēls

¹ Lielais ceļojums. *E.Mūkins* – 1977, Vasara (76), 26.-29. lpp.

² Tālo planētu virzienā. *E.Mūkins* – 1978, Pavasaris (79), 33.-35. lpp.

³ «Voyager»: ceļamērķi, trajektorijas, lidaparāti. *E.Mūkins* – 1979, Pavasaris (83), 33.-38. lpp.

⁴ «Voyager-1» pie Jupitera. *E.Mūkins* – 1979, Rudens (85), 27.-32. lpp.

⁵ «Voyager-2» pie Jupitera. *E.Mūkins* – 1979/80, Ziemā (86), 25.-32. lpp.

⁶ «Voyager» un «Pioneer» par Jupiteru un Saturnu. *E.Mūkins* – 1980/81, Ziemā (90), 33.-43. lpp.

⁷ «Voyager-1» pie Saturna. *E.Mūkins* – 1981, Vasara (92), 26.-35. lpp.

⁸ «Voyager-2» pie Saturna. *E.Mūkins* – 1982, Pavasaris (95), 22.-31. lpp.

⁹ «Voyager»: paveiktais un vēl iecerētais. *E.Mūkins* – 1985/86, Ziemā (110), 24.-31. lpp.

¹⁰ Lielā Ceļojuma finišs. *E.Mūkins* – 1990, Pavasaris (127), 24.-33. lpp.

¹¹ «Foboss» un «Voyager» – punkti uz «i». *E.Mūkins* – 1991, Vasara (132), 12.-17. lpp.

INTERVIJA

Materiāla veidošanas laikā sazinājos ar Voyager komandu, lai e-pastā uzdotu dažus jautājumus. Saņēmu laipnu atbildi, ka uz maniem jautājumiem atbildēs Suzanna Doda (*Suzanne "Suzy" Dodd*), Voyager projekta vadītāja, un Dr. Eds Stouns (*Ed Stone*), Voyager projekta zinātnieks. Atbildes apkopoja Elizabete Roza Landau (*Elizabeth Rosa Landau*), NASA JPL mediju attiecību speciāliste.

Raitis Misa (RM): *Abām Voyager ir katrai savs rekords. Voyager 2 ir kosmiskā zonde, kas darbojusies visilgāk, bet Voyager 1 atrodas vistālāk no Saules. Cik ilgi vēl Voyager darbosies, kādas ir prognozes?*

Eds Stouns (ES): *Abas Voyager, visdrīzāk, spēs mums sūtīt mērījumus no vismaz viena instrumenta līdz pat 2030. gadam. Paredzams, ka ap 2030. gadu Voyager termoelektriskie ģeneratori vairs nespēs saražot pietiekami daudz elektrības, lai darbinātu kaut vienu instrumentu.*

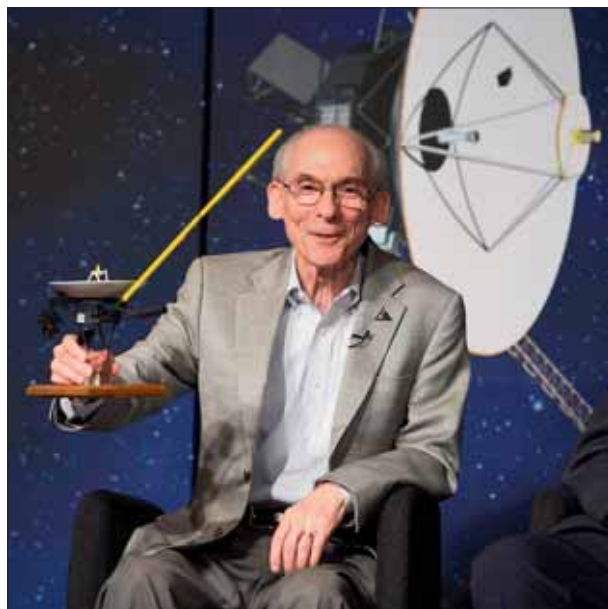
RM: *Kādus datus abas zondes šobrīd ievāc? Ir zināms, ka to kameras ir izslēgtas un to ieslēgšana nav plānota. Kādā secībā plānots izslēgt instrumentus, kad sāks apsīkt enerģija?*

ES: *Voyager šobrīd ievāc un sūta daudz vērtīgu datu. Piemēram, tās mēra magnētiskā lauka stiprumu un virzienu. Piena Ceļa galaktikas magnētiskais lauks ieskauj heliosfēru – "burbuli", kas ietver Sauli, planētas un Saules vēju. Zinātnieki sekos līdz tam, kā magnētiskais lauks mainīsies, Voyager dodoties arvien tālāk no Saules. Zondes mēra arī starpzvaigžņu telpas vēja blīvumu un kosmiskā starojuma intensitāti. Vispārīgi – zinātnieki pēta, kā Saules vējš mijiedarbojas ar starpzvaigžņu telpas vēju.*

Voyager 2 ir vienīgā, kam vēl darbojas instruments ar nosaukumu plazmas spektrometrs. Tas var izmērīt Saules vēja ātrumu, blīvumu un temperatūru uz heliosfēras robežas. Paredzams, ka Voyager 2 heliosfēru atstās tuvāko dažu gadu laikā.



Suzanna Doda, Voyager projekta vadītāja, 2010. gada nogalē.
No NASA/JPL



Dr. Eds Stouns (*Ed Stone*), Voyager projekta zinātnieks.
No NASA/JPL

Elizabete Roza Landau (ERL): *Secība, kādā tiks izslēgti instrumenti, nav noteikta. To noteiks pašu instrumentu stāvoklis un zinātnieku vajadzības brīdī, kad visu instrumentu darbināšanai enerģijas vairs nepietiks.*

RM: Nedaudz tehniski. Kāds ir datu pār-
raides ātrums sakaros ar Voyager? Lūdzu,
nosauciet galvenos iemeslus, kādēj zondes
darbojušās tik ilgi un turpina darboties. Sa-
protams, ka liela loma te ir labam tehniska-
jam dizainam un pirmsstarta testiem, bet kas
vēl?

ERL: Šobrīd laiks, kas nepieciešams, lai sig-
nāls no Voyager 1 sasniegtu Zemi, ir 38 h 41 m.

Zondes būvētas ar rezerves sistēmām. Tā-
dēļ, kad kāds mezglis pārstāja darboties, mēs
varējām ieslēgt rezerves. Turklāt tās būvētas
tā, ka spēj autonomi diagnosticēt problēmas
un pašas, bez komandas no Zemes, veikt ie-
spējamās labojumus. Voyager ir pirmās, kurās
izmantota šobrīd populārā atteikumpieciefi-
gā tehnoloģija.

RM: Kādi ir nozīmīgākie atklājumi, ko
Voyager veikušas? Voyager 1 ir vistālāk no
Saules esošais cilvēku veidots darbaspējīgs ob-
jekts. Kā ir "tur ārā"?

ERL: Par sasniegumiem. Voyager 2 ir pirmā
zonde, kas pārlidoja Urānu un Neptūnu un uz-
ņēma to attēlus tuvplānā. Voyager 1 ir pirmā,
kas palīdzēja ieraudzīt Jo vulkānus, kas ir arī
pirmā liecība par vulkānisko aktivitāti ārpus
Zemes. Kopsummā Voyager atklājušas 23
dabīgos pavadoņus. Tie ir trīs jauni Jupitera

mēneši, četri Saturna, vienpadsmit Urāna un
pieci Neptūna.

Voyager 1 ir vienīgā zonde, kas atstājusi
heliosfēru un nokļuvusi starpzvaigžņu telpā.
Bet tā nav pametusi Saules sistēmu, ja to defi-
nējam kā objektu kopumu, kas riņķo ap Sauli.
Orta mākonis – ļoti tālu objektu kopums – ir
tālāk nekā Voyager.

RM: Kādas ir sajūtas, strādājot ar kosmis-
kām zondēm, kas atrodas vairāk nekā 19
gaismas stundu attālumā un kas, iespējams,
ir vecākas par dažu labu jūsu komandas cil-
vēku?

Vai nav sajūtas, ka Voyager zondes kos-
mosā ir bijušas vienmēr?

ERL: Zondes ir kā vecāki-sirmgalvji. Mēs
cenšamies darīt visu, kas mūsu spēkos, lai tās
darbotos, cik ilgi vien iespējams, tomēr ap-
zināmies, ka pienāks brīdis, kad tās sasniegs
savu maksimālo vecumu un pārstās darbo-
ties. Tā būs skumja diena visiem projektā ie-
saisītajiem.

Vairāk ziņu par Voyager: <http://www.nasa.gov/voyager> un <http://voyager.jpl.nasa.gov>.

Ja vēlaties uzzināt, kur šobrīd atrodas Voya-
ger, apmeklējiet <http://bit.ly/kur-voyager>. D

MĪKLAS ATMINĒJUMS i MĪKLAS ATMINĒJUMS

Jevgenija Limanska iesūtītajā atklātnē atveidots krievu mākslinieka Rinata Voligamsi (viņa īstais
uzvārds esot lasāms otrādi) 2008. gada gleznas «Большая Медведица» (kriev.) fragments (sk. "ZvD"
Vasaras (236) laidiena 64. lpp. publicēto mīklu "Kas ir šis majors?").

Mīklas atminējumu – tas majors ir **Ursa Maior (Lielais Lācis)** – pa e-pastu atsūtīja **Daiga Lapāne**,
ilggadēja žurnāla "ZvD" lasītāja, uzsverot, ka īstenībā atminējis ir viņas dēls, saskafidams zvaigznāja
figūru no cigaretēm karavīru mutēs. Galvenais atminētājs **Jānis Andis Lapāns**, 15 gadi, mācās Rīgas
Imantas vsk. 9. klasē, interesējas par programmēšanu un vēsturi, piedalās Rīgas Imantas vsk. literā-
rā jaunrades žurnāla "Atkal Spārns" veidošanā.

Pareizās atbildes autori saņēma Eiropas Dienvidobservatorijas ESO pastkarti ar ļoti lielā teleskopa
VLT četriem palīgteleskopiem un Lielo un Mazo Magelāna Mākonī virs tiem, kā arī piecas ESO uzlīmes:
*Ground-based science with high aspirations, Shooting for the stars, Starstruck, The Universe is my play-
ground, Thinking Big Aiming High* ar Eiropas Ārkārtīgi lielo teleskopu E-ELT.

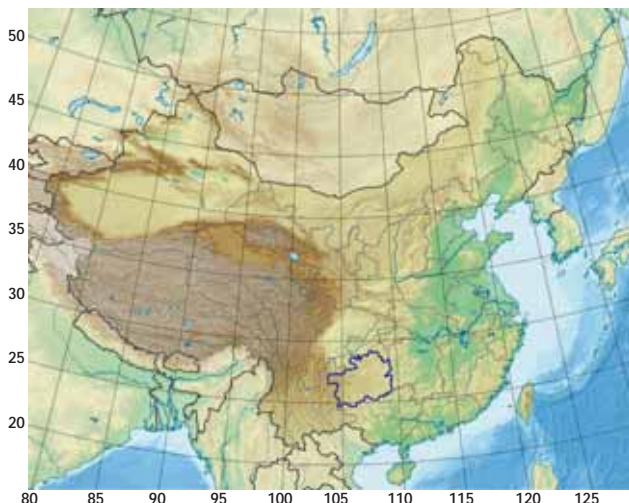
I. P.

JĀNIS KUZMAŅIS

DRAKONS RAUGĀS DEBESĪS

Žurnāla iznākšanas brīdī būs apritējis tieši gads, kopš zinātnieku rokās nodots (25.09.2016.) viens no lielākajiem stacionārajiem radioteleskopiem pasaulē – Ķīnas 500 m diametra instruments, ko astronomu aprindās atpazīst ar saīsinājumu FAST (*The Five-hundred-meter Aperture Spherical radio Telescope*) – sfēriskais radioteleskops ar 500 m atvērumu). Šo saīsinājumu arī izmantosim rakstā. Ķīniešu valodā jau iegājis apzīmējums *zhōngguó tiānyǎn* (中国天眼) – Ķīnas acs, kas raugās debesīs.

No Vikipēdijas ņemtajā Ķīnas kartē ar zilu apvilktā Guidžou province. FAST koordinātas ir 25°39'12" N un 106°51'24" E.



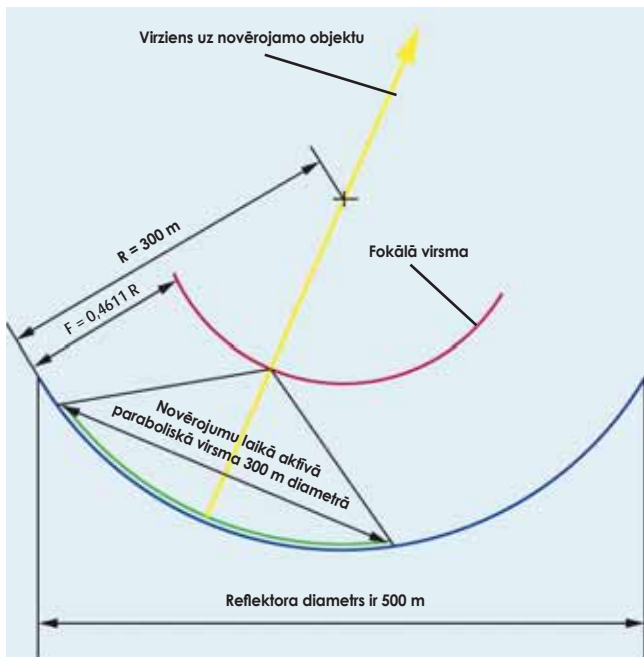
FAST atrodas Guidžou provincē Ķīnas dienvidrietumos, apmēram 170 km attālumā no provinces galvaspilsētas Gujanas, precīzā lokalizācija ir 25°39'12" N un 106°51'24" E.

Instruments

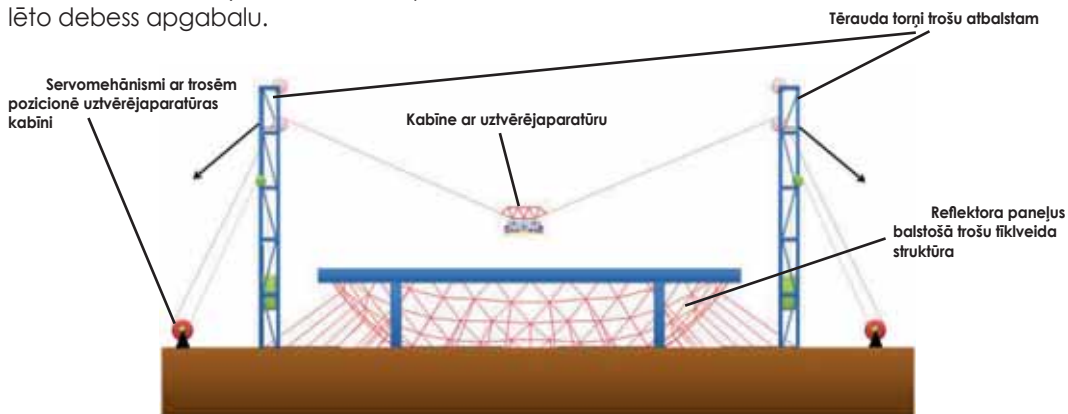
FAST primārais reflektors ir 500 m diametra nekustīgs "šķīvis", kas uzbūvēts dabiskā karsta iepakā nomaļā un mazapdzīvotā kalnu rajonā – te vieglāk radīt radioteleskopa darbībai obligāto radioklusuma zonu, kurā aizliegta jebkādu sadzīves elektroierīču un mobilo telefonu lietošana. Iepakā forma tika speciāli piemeklēta, lai būtu gan stabils klintāja pamats balsta konstrukcijām, gan arī iespējami mazāki zemesdarbi būvlaukuma sagatavošanas periodā. Tomēr būvdarbu laikā ticis pārvietots apmēram miljons kubikmetru grunts.

Reflektora atstarotājrīksmu veido 4450 viegli alumīnija paneļi (4300 trijstūrveida ar malām vidēji 11 m garumā; 150 kvadrātveida, dažāda lieluma, šķīvja ārmaļās), kas kopā veido sfēras segmentu 500 m diametrā, sfēras rādiuss 300 m. Reflektors ir aktīvs – atstarojošie paneļi guļ uz tērauda trošu fīklveida struktūras, ko reālā laika datorvadības apstākļos deformē ar 2225 hidraulisko mehānismu palīdzību, katreiz radot 300 m diametra parabolisku virsmu (sfēriskās aberācijas novēršanai, sk. shēmu), kas orientēta pret izvēlēto debess apgabalu.

Reflektoram visapkārt simetriski izvietoti seši apmēram 100 m augsti tērauda torņi, kuros trosēs iekārta kabīne ar uztvērējaparātūru. Servomehānismi ar trosēm veic primāro kabīnes pozicionēšanu (simulācijas apstākļos sasniegta dažu cm precizitāte), kamēr pašā



FAST principiālā shēma.



Uztvērējaparātūras pozicionēšanas sistēma.



Tikai pirms 10 gadiem šai vietā atradās neliels kalnu ciematiņš ar mazāk nekā 100 iedzīvotājiem – zeme te vairāk nespēja pabarot. 2011. gadā sākās celtniecība, kuras daži etapi arī redzami attēlos. Radioklusuma ievērošanai savas dzīvesvietas nācās mainīt gandrīz 9000 apkārtnes iedzīvotājiem, kuru izmitināšanai, kompensācijām un pārceļšanās pabalstiem valsts iestādes izlietoja vairāk līdzekļu nekā paša teleskopa būvniecībai.

kabīnē iebūvētās robotizētās vadības ierīces papildus pozicionē uztvērējus ar dažu mm precizitāti. Ieplānotā orientācijas precizitāte ir 8 loka sekundes, pati novērošana iespējama $\pm 40^\circ$ apgabalā pret zenītu. Apkopei un remontiem uztvērējaparātūras kabīni nolaiž uz speciālas platformas reflektora centrā (mazais piecstūris, sk. att. raksta ievadā).

Lai nodrošinātu precīzu dotajā brīdī aktīvās spoguļa daļas formu, tā balsta konstrukcijās izvietoti >2000 lāzera reflektori un uztvērēji (savācēji), kuru mērījumus nepārtraukti reģistrē 25 kalibrācijas stacijās – klints pamatnē nekustīgi nostiprinātos tornīšos ar ļoti pre-

cīzi noteiktām koordinātām. Spoguļa formas vadības datorsistēma apmēram 10 min laikā spēj aprēķināt pilno parametru kopumu jaunā uzdevuma izpildei un nosūtīt to hidrauliskajiem izpildmehānismiem. Sekošanai objektam un citām mazām formas izmaiņām nepieciešamais laiks ir daudz mazāks.

Uztvērējaparātūras deviņi moduļi nodrošina radioteleskopa darba frekvences 70 MHz – 3,0 GHz robežās. Lai arī FAST oficiāli jau gadu ir darba ierindā, pirmos trīs gadus plānota tā aparatūras un sistēmu kalibrēšana un kopdarbības testi, aktīvie pētījumi vēl priekšā. Tehniskie parametri liecina, ka FAST pārspēj

savu priekštecī – Aresibo radioteleskopu – jufiguma ziņā divkārt, bet uzvadīšanas ātruma ziņā 5–10-kārt, arī novērošanai pieejamā zona ir 2-3 reizes lielāka.

Plānotās darbības jomas

1. Viens no FAST plānotajiem uzdevumiem ir **neitrālā ūdeņraža (HI) daudzuma un sadalījuma pētījumi** gan mūsu Galaktikā, gan visā Lokālajā galaktiku grupā. Tas saistās ar vienu no hipotēzēm par t.s. tumšās matērijas problēmu – iespējama daudzdu blīvuma un tādēļ grūti reģistrējamu neitrālā ūdeņraža mākoņu eksistenci, kuras to lielā retinājuma dēļ nav sākusies zvaigžņu veidošanās. Tas ļautu precizēt matērijas sadalījumu Visumā mūsu Galaktikas apkaimē, tādējādi ietekmējot veselu virkni zinātnes nozaru – no gravitācijas teorijas līdz superaugsto enerģiju fizikai. Tāpat HI sadalījumam ir noteicošā ietekme galaktiku veidošanās un evolūcijas procesos, kas ir aktīvs pēdējo gadu desmitu pētniecības lauks. Savukārt HI izvietojums mūsu Galaktikas iekšienē ir limitējošais jaunu zvaigžņu veidošanās procesā.

2. **Pulsāru pētījumi.** Teorētiskie aprēķini pieļauj $\sim 6 \cdot 10^4$ novērojamu pulsāru pastāvēšanu Galaktikā, no kuriem šobrīd atklāti ir mazāk nekā 3%. Jau zināmo pulsāru vidū ir virkne neparastu objektu – milisekunžu pulsāri, neitronu zvaigžņu binārās sistēmas, sistēmas baltais punduris + neitronu zvaigzne, pulsāru sistēmas ar planētām, rentgena un γ -staru pulsāri, pulsāri bez radioviļņu emisijas u.c. Tiek vērtēts, ka FAST tehniskās iespējas ļaus atklāt tūkstošiem jaunu pulsāru, tā ievērojami paplašinot mūsu zināšanas par šiem kosmiskajās kataklizmās dzimušajiem objektiem.

3. **Pulsāru laika standarts.** Milisekunžu pulsāru frekvences stabilitāte par gadu ilgākos laika periodos pārspēj laboratorijās uzturēto atompulksteņu standartus, kas savukārt ir piemērotāki īsākiem precīzā laika mērījumiem. Tādēļ būtu svarīgi savietot abas sistēmas, turklāt izmantojot nevis vienu atsevišķu pulsāru, bet algoritmiski iegūstot koprezultātu uzreiz

no 10-20 speciāli izvēlētiem pulsāriem ar augstu rotācijas stabilitāti.

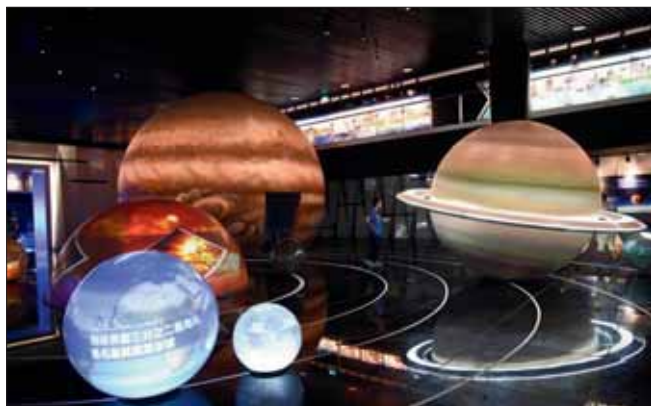
4. **Starpzvaigžņu ķīmija.** FAST uztvērējaparātūra ir piemērota OH, CH₃OH u.c. molekulu emisijas līniju pētījumiem gan mūsu Galaktikas ietvaros, gan ārpus tās, ieskaitot OH un CH₃OH māzeru pētījumus. Sagaidāms, ka ar tā palīdzību izdosies desmitkārtot zināmo ārpusgalaktisko OH māzeru skaitu.

5. **Dalība radiointerferometrijas tīklos.** FAST iesaiste šādos projektos ļautu ievērojami celt iegūtā tīkla izšķirtspēju, jo tas atrodas tālu nost no esošajiem EVN (*European VLBI Network*), VLBA (*Very Long Baseline Array*) un APT (*Asia Pacific Telescope*) kā galvenajiem.

6. **FAST un SETI.** Citu civilizāciju signālu atrašana nešaubīgi kļūtu par visievērojamāko astronomisko atklājumu visā cilvēces pastāvēšanas vēsturē. Pašreizējā zinātnes attīstības līmenī mākslīgi elektromagnētiskie signāli tiek uzskatīti par vienīgo iespējamo sakaru līdzekli ar hipotētiskām civilizācijām pie citām zvaigznēm; te par daudzsološu uzskata t.s. ūdens spraugu – šauru diapazonu starp 21 cm HI līniju un 18 cm OH līniju, kurā ir salīdzinoši maz fona traucējumu. FAST jutība ļaus pētīt šādu iespējamo signālu eksistenci pie daudzkārt lielāka zvaigžņu skaita.

Ne tikai teleskops

Ķīniešu pieeja lietām dažkārt izraisa apbrīnu. Jau FAST būvniecības laikā tika padomāts par naudas pelnīšanu. Reizē ar radioteleskopa oficiālo atklāšanu tūristiem kļuva pieejama līdzās esošā virsotnē uzbūvētā skatu platforma, tiesa, pagaidām skatītāju plūsmas ierobežota ar 2000 apmeklētājiem dienā, bet biļetes cena ir 368 juaņas (1 juaņa = 0,13 eiro). Guidžou ir viena no Ķīnas nabadzīgākajām provincēm, tādēļ tās vadībai ir daudz nopietnāki plāni attiecībā uz tūristu piesaisti. Drošā attālumā no FAST (lai netraucētu teleskopa darbībai) nobeigumam tuvojas izglītojoša un zinātnes popularizācijas centra, Pingtangas starptautiskā radioastronomijas kultūras parka (*International Radio Astro-*



Topošā astronomijai veltītā izglītojošā centra dizains tiešām vērts nākotnē.

Attēli no fast.bao.ac.cn un www.news.cn

ny Culture Park) izveide. 300 hektāros top izstāžu paviljoni, viesnīcas, autostāvvietas, planetārijs 5000 m² platībā; kopējās investīcijas vairākkārt pārsniegs paša teleskopa būvē ieguldīto.

Nobeigumā varam minēt ko pavisam interesantu – ķīnieši uzskata, ka viņiem var pietrūkt profesionālu astronomu pilnai FAST noslodzei. Atliek vien sākums – ķīniešu valodas apguve, taču tam vēl var veltīt divus gadus... D

PAR ILRS LĀZERLOKĀCIJAS KONFERENCI RĪGĀ

No 2017. gada 2. līdz 5. oktobrim Rīgā norisināsies pavadoņu lāzerlokācijai veltīta starptautiska zinātniski tehniskā konference "2017 ILRS Technical Workshop – Improving ILRS Performance to Meet Future GGOS Requirements" par lāzerlokācijas dienesta veikspējas pilnveidošanu, lai atbilstu nākamās Vispasaules ģeodēzisko novērojumu sistēmas GGOS (Global Geodetic Observing System) prasībām.

Konferenci organizē Latvijas Universitātes Astronomijas institūts (LU AI) sadarbībā ar Starptautisko lāzerlokācijas dienestu ILRS (International Laser Ranging Service). Pavadoņu lāzerlokācijai veltītas konferences notiek regulāri kopš 1973. gada, sk., piemēram, rakstus ZvD par konferenci Spānijā (XIV starptautiskā lāzerlokācijas konference. – 2004, Rudens (185), 42.-44. lpp.) un Austrālijā (XV starptautiskā lāzerlokācijas konference. – 2007, Pavasaris (195), 44.-47. lpp.).

Kalvis Salmiņš, LU AI zin. sekretārs

ŠORUDEN JUBILEJA | ŠORUDEN JUBILEJA | ŠORUDEN JUBILEJA

70 gadi – 1947. gada 8. novembrī Rīgā dzimis fizikas zinātnju doktors **Dzintars Blūms**, ilggadējs Latvijas ZA Radioastrofizikas observatorijas zinātniskais līdzstrādnieks, sācis darbu ZA Observatorijā kā jaunais speciālists (1971). Pirmajos gados piedalījās radioastronomiskās aparatūras izstrādāšanā un Saules radiostarojuma novērošanā ar radioteleskopu RT-10 Baldones Riekstukalnā. Kopš 1978. gada pievērsās Saules vēja eksperimentāliem pētījumiem. 1984. gada 28. maijā PSRS ZA Speciālās astrofizikas observatorijas Zinātniskās padomes sēdē Pulkovā aizstāvēja fizikas un matemātikas zinātnju kandidāta disertāciju par māzeru avotu mirgošanu Saulei tuvo apgabalu plazmā, iegūdam zinātnisko grādu radioastronomijas specialitātē (vairāk sk. Duncāns L. *Jauns zinātnju kandidāts radioastronomijā* – ZvD, 1985, Rudens (109), 39.–40. lpp.). LZA Radioastrofizikas observatorijā strādāja līdz 1985. gada septembrim. Pēdējos gados nodarbojās ar informācijas tehnoloģijām. **I. P.**



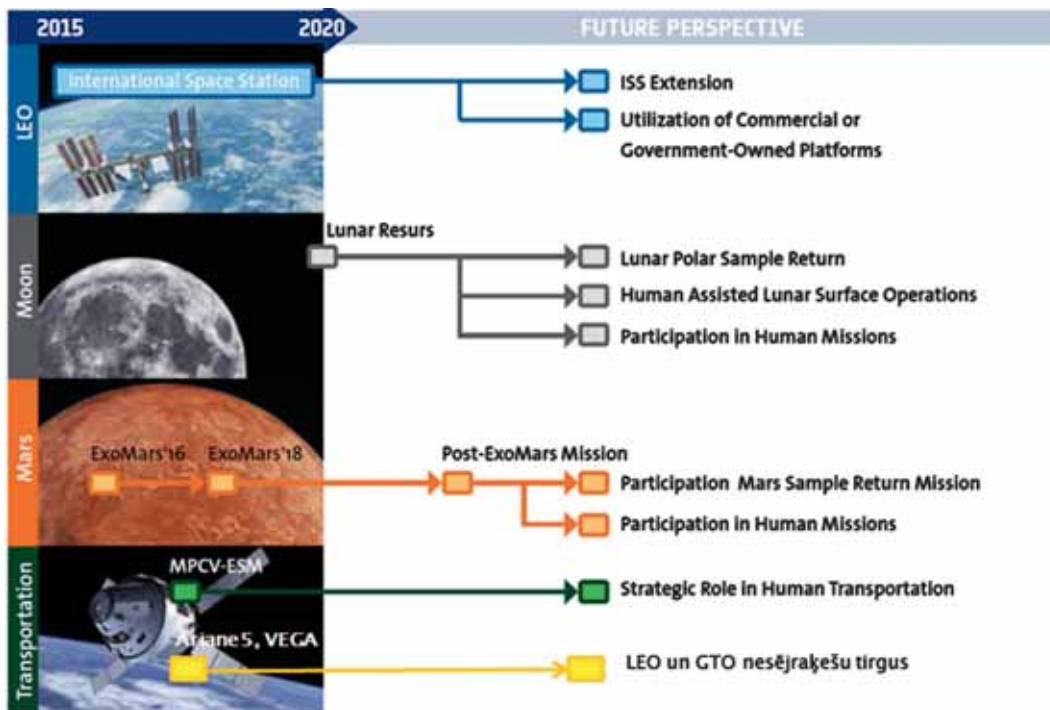
APSPRIEDES UN SANĀKSMES

MĀRTIŅŠ SUDĀRS, *Thales Alenia Space* Turīnā (Itālija)

KOSMOSA INFRASTRUKTŪRAS ATTĪSTĪBAS TENDENCES EIROPĀ

Raksts ir veidots uz autora ziņojuma bāzes, kas tika nolasīts LU 75. zinātniskajā konferencē Rīgā. Raksta pirmā daļa, kurā tika apskatītas globālās kosmosa infrastruktūras attīstības tendences, publicēta iepriekšējā ZvD numurā (44.-49. lpp), šī – otrā daļa apskata kosmosa infrastruktūras attīstības tendences Eiropā, kā arī nedaudz aprakstīs Latvijas kosmiskās attīstības nākotnes iespējas.

Eiropas valstis pašas par sevi ir nelielas un nebūtu spējīgas finansēt lielus projektus, bet, apvienojot spēkus vienā organizācijā – Eiropas Kosmosa aģentūrā *ESA* (*European Space Agency*), kura vieno 22 dalībvalstis, kļūst iespējams finansēt un realizēt ievērojamas misijas. Tomēr par spīti tam, Eiropas kompetence tieši kosmosa infrastruktūras attīstībā atpaliek no Krievijas un, jo īpaši, no ASV.



ESA galvenie attīstības virzieni.

ESA attēls ar autora modifikācijām

Eiropai nav pašai savas pilotējamo kosmosa kuģu izstrādes programmas. Pēc plānotā pilotējamā kosmosa kuģa *Hermes* atceļšanas (1992), kas būtu bijis sešvieņģis daudzkārt izmantojams kosmosa kuģis astronautu transportēšanai un startētu ar nesējraķeti *Ariane-5*, ir bijuši vēl pāris mēģinājumi 2000-ajos gados atdzīvīnāt pilotējamu kosmosa kuģu izstrādi. Diemžēl tālāk par pirmajām izstrādes fāzēm (kas nozīmē – tikai uz papīra) neviens no projektiem netika īstenots milzīgās izmaksu tāmes dēļ, kas vēl piedevām sakrita ar Eiropas finanšu krīzes periodu.

Eiropas Kosmosa aģentūras izraudzītos projektus var sagrupēt šādās kategorijās:

- **Starptautiskās kosmosa stacijas (SKS)** un citu valstu vai komerciālo pilotējamo **transportlīdzekļu izmantošana.** Tas nozīmē, ka Eiropa turpinās SKS uzturēšanu, zinātnisko eksperimentu veikšanu, astronautu apmācību un nosūtīšanu uz kosmisko staciju, izmantojot Krievijas vai ASV kosmosa kuģus. Kā jau minēts, savus kosmosa kuģus astronautu transportēšanai ESA tuvākajos desmit gados neplāno izstrādāt. Tomēr ESA vēlas aktīvi piedalīties NASA pilotējamās programmās, un tas tiek pašlaik darīts *MPCV (Multi-Purpose Crew Vehicle)* sastāvā.
- **Mēness resursu izpēte un izmantošana.** ESA ir izrādījusi interesi piedalīties Mēness resursu apgūšanā ar nepilotējamām vai pilotējamām misijām nākotnē, taču tas nav saistīts ar savu transporta sistēmu izstrādi. Vienīgais izņēmums būtu kapsula – miniatūra atmosfēras laiva Mēness iežu paraugu nogādāšanai uz Zemi. Šādas kapsulas projektēšana sākās 2016. gadā, tomēr nav pilnīgi droši, ka tās turpināšanai atradīsies nepieciešamais finansējums. Tālākā nākotnē ESA plāno piedalīties arī Mēness resursu apgūšanā un pilotējamās misijās, bet tās devums būtu galvenokārt bāzes izveidē uz virsmas, dzīvībai nepieciešamās vides nodrošināšanā utt., bet astronautu transportam izmantotu ASV

transporta sistēmu, tostarp ASV kosmosa kuģi *Orion*, kam plānots veikt izmēģinājuma lidojumus 2019. gadā.

- **Marsa izpēte.** Eiropas Marsa virsmas izpētes pēdējais mēģinājums *Exomars 2016* misijas ietvaros vainagojās tikai ar daļēju veiksmi, jo nolaižamais aparāts pagājušā gada oktobrī veiksmīgi izturēja ieešanu atmosfērā, veiksmīgi atvēra izpletņi, tomēr navigācijas sistēmas kļūdas dēļ pašās beigās priekšlaicīgi izslēdza bremsēšanai paredzētos raķešdzinējus un lielā ātrumā ietriecās Marsa virsmā. Eiropas Kosmosa aģentūra sadarbībā ar Roskosmos turpina darbu pie *Exomars 2020* misijas, kas paredz Eiropas pirmā virsmas rovera nogādāšanu uz Marsa. Jau šā gadsimta sākumā ESA risināja sarunas ar NASA par kopīgu misiju Marsa iežu paraugu nogādāšanai uz Zemes¹, tomēr šo misiju NASA iesaldēja un to realizēt Eiropai vienai pašai nebija nepieciešamo finansiālo resursu, ne arī nepieciešamās pieredzes, jo misija ietver tādas kritiskas fāzes kā nolaišanās uz Marsa virsmas, starts no Marsa virsmas, iežu paraugu pārvešana uz atceļa kuģi un visbeidzot nogādāšana Zemes atmosfērā ar ātrumu 11-12 km/s. Tomēr šogad dialogs ar NASA ir atsācies un pastāv iespēja 2026. gadā realizēt kopīgu misiju un pirmo reizi atgādāt iežu paraugus uz Zemi. Līdzīgi kā uz Mēness, tālākā nākotnē arī uz Marsa Eiropas Kosmosa aģentūra plāno piedalīties pilotējamā Marsa izpētē, tomēr par transporta sistēmu uz Marsu un atpakaļ atbildību uzņemtos NASA.
- **Loma pilotējamais transporta kuģos un nesējraķetēs.** 2016. gada ministru sanāksmē ESA apstiprināja budžetu jaunas nesējraķetes *Ariane-6* izstrādei, kura būtu

¹ Sk. autora rakstu ZvD: *Mars Sample Return* misija lēnām sāk iegūt skaidrību. – 2007/08, Ziema (198), 71.-73. lpp. <http://www.lu.lv/zvd/2007/ziema/mars/>

lētāka, konkurētspējīgāka, bet tikpat jau-
dīga kā esošā *Ariane-5*. Galvenā dalīb-
valsts, kas investē šajā projektā, ir Francija.
Tajā pašā laikā tika dota arī zaļā gaisma
nesējraķetes *VEGA* uzlabošanai, kā arī
daudzkārt izmantojamās atmosfēras lai-
vas *Space Rider* izstrādei, kas ārēji ļoti līdz-
nās 2015. gadā izmēģinātajam kosmosa
kuģim *IXV*², kura izstrādē piedalījās arī šā
raksta autors.

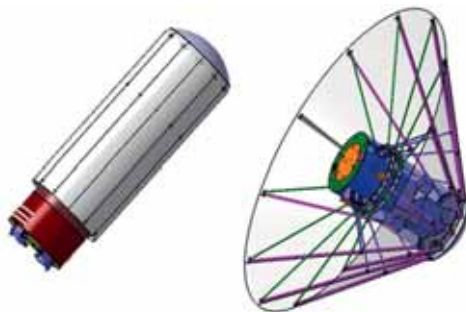
Pašlaik Eiropas Kosmosa aģentūras nostā-
ja ir ļoti skaidra – tuvākajā dekādē netiks novir-
zīti līdzekļi pilotējamu kosmosa kuģu izstrādei
un Eiropas valstīm nāksies pilnībā palauties uz
partneriem ASV un Krievijā savu astronautu
transportēšanai. Tomēr tajā pašā laikā Eiropa
ir uzņēmusies turpināt izmantot Starptautisko
kosmisko staciju līdz vismaz 2024. gadam.

Darbs nacionālajās aģentūrās

Eiropas lielajās valstīs (Francijā, Vācijā, Itā-
lijā) ir spēcīgas nacionālās kosmosa izpētes
aģentūras un darbs pie kosmosa transporta
sistēmām vai to tehnoloģijām notiek paralēli
un neatkarīgi no *ESA*.

Francijas Nacionālā kosmosa izpētes
aģentūra *CNES* (*Centre national d'études
spatiales*) tikai pusi no sava gada budžeta
lieto projektiem *ESA* ietvaros, pārējie līdzek-
ļi tiek nacionālajām izpētes programmām.
Francijai, iespējams, ir vislielākā pieredze tie-
ši nesējraķešu izstrādē, daļēji pateicoties arī
faktam, ka Francijas uzņēmumi ir iesaistīti kau-
jas ballistisko raķešu izstrādē. Francijas Kos-
mosa aģentūra koordinē franču uzņēmumu
darbu jaunu tehnoloģiju izstrādē ar līgumiem
ar Francijas uzņēmumiem, līdzīgi kā to dara
ESA, bet pati aģentūra nosaka, kuras tieši būs
nākotnes misijās nepieciešamās tehnoloģijas.
CNES bija pirmā aģentūra Eiropā, kas sāka
darbu pie *Aerocapture* tehnoloģijas – zemas

² Sk. autora rakstu *ZvD*: *IXV* – Eiropas solis pret
daudzkārt izmantojamiem kosmosa kuģiem. –
2009, *Rudens* (205), 18.-20. lpp. [https://dSPACE.
lu.lv/dSPACE/handle/7/1837](https://dSPACE.lu.lv/dSPACE/handle/7/1837)



IRENE atmosfēras laiva pacelšanās un nolai-
šanās konfigurācijās. ASI/CIRA attēls

orbītas sasniegšanai ar debess ķermeni no
hiperboliskas orbītas, izmantojot aerodina-
misko pretestību kinētiskās enerģijas samazi-
nāšanai, izmantojot tikai vienu pārlidojumu
cauri atmosfēras augšējiem slāņiem.

Kosmiskais velkonis tiek uzskatīts par ko-
merciāli veiksmīgu biznesa sektoru jau tuvā-
kajā nākotnē, un tā izstrādes sākuma fāzēs
pašlaik ir abi lielie kosmosa kuģu izstrādes
giganti – *Thales Alenia Space* (Francijas-Itā-
lijas kopuzņēmums) un *Ariane group* (Franci-
jas-Vācijas kopuzņēmums).

Itālija aktīvi piedalās nesējraķetes *VEGA*
uzlabotās versijas *Vega C+*, kā arī daudzkārt
izmantojamā kosmosa kuģa *Space Rider* iz-
strādē, kas abi ir *ESA* projekti. Tajā pašā lai-
kā Itālijas nacionālā kosmosa aģentūra *ASI*
(*Agenzia Spaziale Italiana*) tuvākajos gados
izstrādās divu veidu kosmiskās transporta sis-
tēmas. Viena, kuras lidojums plānots jau šā
gada beigās, ir *IRENE*. Tā pēc būtības ir ek-
sperimentāla atmosfēras laiva ar mehāniski
atveramu karstuma vairogu ar mērķi ievēro-
jami palielināt aerodinamisko bremsēšanas
spēku, kā arī samazina paša karstuma vairo-
ga uzkaršanu, ieejot atmosfēras blīvajos slā-
ņos. Tiek uzskatīts ka atverami un piepūšami
karstuma vairogi ir kritiski nepieciešama teh-
noloģija.

Vācijas kosmosa aģentūrai (centram),
saīsināti *DLR* (*Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt e.V.*), arī ir sava programma, vel-
fīta tieši kosmiskā transporta pilnveidošanai.
SHEFEX (*Sharp Edge Flight Experiment*) ir
tehnoloģiju izstrādes programma, kas veltīta



Ilustrācija ar SpaceLiner hiperskaņas lidmašīnu, kas dienas gaismu ieraudzītu ap 2030. gadu.
Institute of Space Systems / DLR attēls

tieši atmosfēras laivu izgatavošanas izmaksu samazināšanai, kā arī nākotnes hiperskaņas suborbitālu lidmašīnu aerodinamikas uzlabošanai. Tiem abiem kopīgas ir virsmas ar asām šķautnēm. Lidojot ar hiperskaņas ātrumu Zemes atmosfērā (virs 5 skaņas ātrumiem), gaisa berzes dēļ notiek aktīva karšana uz fizelāžas deguna un spārna priekšējām kantēm. Jo mazāks ir virsmas rādiuss šajā punktā, jo lielāka karšana notiek uz attiecīgās virsmas. Asas šķautnes rada tik milzīgu karstumu, ka tās nodegtu, līdz paliktu apaļākas, samazinātos karšana un iestātos jauns līdzsvars, tomēr tai pašā laikā palielinātos atmosfēras laivas gaisa pretestība. Lai tas nenotiktu, siltums no asajām spārnu šķautnēm tiek novadīts uz tā sānu virsmām un izstarots apkārtējā vidē. Jau veiksmīgi ir notikuši divi SHEFEX izmēģinājumi un tiek gatavots trešais eksperiments, kas būtu jau lielāka izmēra (apmēram kā IXV) eksperimentāla atmosfēras laiva. Programmas SHEFEX ietvaros iegūtās zināšanas tiktu izmantotas projektā SpaceLiner ap 2030. gadu, kas būtu suborbitāls pasažieru lidaparāts 50-100 pasažieru nogādāšanai starp lidostām garajos starpkontinentālajos maršrutos.

Iespējas Latvijā

Lai gan uzņēmumi no Latvijas kā apakšuzņēmēji dažādās kosmosa apguves programmās jau ir piedalījušies, tomēr, lai uzņemtos kosmosa transportlīdzekļa izstrādi vai vismaz svarīgu lomu tajā, pietiekamas pieredzes un kapacitātes ne tagad, ne tuvākajos gados diemžēl vēl nebūs. Taču tas neliedz jau tagad



SHEFEX-2 eksperimentālais lidaparāts, uzmontēts uz Brazīlijas izstrādātās suborbitālās nesējraķetes VS-40.
DLR attēls

sākt uzkrāt nepieciešamo pieredzi, lai nākotnē šādas iespējas rastos. Latvijai, esot nelielai, nepārapdzīvotai un kopumā nedārgai valstij, ir dažādas priekšrocības, ko būtu vērts pieminēt, kā arī zinātnes sfēras, kurās kompetence ir pietiekoši liela, lai veiksmīgi piedalītos ESA projektos.

- Iesaisīšanās ESA projektos kā apakšuzņēmējiem. Tas nozīmē, ka Latvijas uzņēmumi iesaisītos kāda kosmosa kuģa sistēmu projektēšanā vai arī detaļu izgatavošanā. Lai pilnvērtīgi iesaisītos šajos projektos, pirmkārt, ir nepieciešams kļūt par ESA pilnvērtīgu dalībvalsti un, otrkārt, nepieciešams Latvijas finansiāls ieguldījums ESA tieši šāda tipa projektos, īpaši tehnoloģiju attīstības projektos.
- NATO ietvaros paredzētais aizsardzības budžets, kas būtu 2% no IKP. Šos līdzekļus iespējams novirzīt militāro tehnoloģiju pētniecībai, no kā vienlaikus būtu ieguvums arī kosmosa tehnoloģijām. Piemēram, karstumizturīgi materiāli, piepūšamas struktūras, mazas vilkmes raķešdzinēji, komunikāciju tehnoloģijas, antenas utt. Ir nepieciešama koordinācija starp Izglītības un zinātnes un Aizsardzības ministriju.
- Sinerģija ar kosmosu nesaisītām zinātnes sfērām. Svarīgi ir apzināties Latvijas uzņēmumu un institūtu kompetences un to iespējamo lietojumu ar kosmisko infrastruktūru saistītos projektos. Tādas noteikti jau

ir, piemēram, ķīmiskajā rūpniecībā, elektronikā, materiālzinātnē, programmatūras izstrādē, tomēr nepieciešams vēl pielāgot rūpniecības procesus un kvalitātes kontroli atbilstoši Eiropas kosmiskajiem standartiem, un tas ir galvenokārt ar birokrātiju saistīts process.

- Fakts, ka Latvija ir mazapdzīvota, ļautu izveidot nelielus poligonus dažādiem izmēģinājumiem vai izmantot jau esošos poligonus, kā arī Rīgas jūras līci izmēģinājumiem virs jūras. Šādi izmēģinājumi būtu nelielu atmosfēras laivu nolaišanās testi, noņemot tās no helikoptera, gaisa balona, vai nelielu raķešdzinēju izmēģinājumi, kas parasti rada lielu akustisko piesārņoju-

mu, līdz ar to nav veicami blīvi apdzīvotā vidē, kā lielā daļā Rietumeiropas valstu.

- Skatoties tālākā nākotnē, Latvijā ģeogrāfiskā novietojuma dēļ nav īpaši perspektīvi izveidot raķešu palaišanas centru. Starti austrumu virzienā nebūtu iespējami, jo diez vai Krievija autorizētu startus pāri savai teritorijai. Ja kādam investoram tomēr būtu interese starta platformu ierīkot, vienīgā iespēja būtu starti uz polārajām orbītām, ziemeļu virzienā pāri Baltijas jūrai. Taču arī šajā gadījumā trajektorija šķērsotu Eiropas-Austrumāzijas gaisa koridoru un būtu bieži jāierobežo regulāro avioreisu darbība, kas noteikti nav pozitīvs arguments visu nepieciešamo atļauju iegūšanai. D

PLANETOLOĢIJAS KONGRESS RĪGĀ

Šis ZvD Rudens 2017 dienas gaismu ieraudzīs tieši laikā, kad Rīgā norisināsies neatkarīgajā Latvijā līdz šim nebijuša apjoma astronomijas pasākums – **Eiropas Planetoloģijas kongress** (*European Planetary Science Congress, EPSC2017*). Tajā piedalīsies vairāk nekā 800 zinātnieku no visas pasaules un tiks prezentēti 1000 zinātniski referāti, kā arī aktuālie jautājumi tiks apspriesti paneļdiskusijās. Pirmo reizi EPSC notiks Centrālajā un Austrumeiropā. EPSC dalībnieki ir planētu zinātnieki un NASA, ESA un citu kosmosa aģentūru asociētie misiju speciālisti, kā, piemēram, kosmiskās pētniecības instrumentu izstrādātāji, misiju plānotāji, navigācijas eksperti un citu specialitāšu zinātnieki un inženieri. Kongresa programmā ir iekļautas tādas tēmas kā astrobioloģija, Mēness pētniecība, Marsa pētniecība, komētu pētniecība, asteroīdu izpēte un izmantošana, planētu aizsardzība un citu planētu pētniecība.

Zinātnieki pēta Saules un ārpussaules sistēmas ķermeņus – no vismazākās putekļu daļiņas līdz lielākajai planētai. Šā gada kongresa tēma ir *Widening Participation* (Paplašinot iesaistīšanos), un tā laikā notiks zinātniskās sekcijas, tikšanās un citi pasākumi, kā arī pazīstamu Baltijas ekspertu uzstāšanās, lai veicinātu jaunu, ar kosmosa izpēti saistītu cilvēku iesaisti no Baltijas un citām valstīm. Šā gada EPSC īpaša uzmanība tiks pievērsta industrijai. Vairāk nekā 300 mazie un vidējie uzņēmumi ir uzaicināti demonstrēt savas tehniskās iespējas. 25 jaunie Igaunijas un Latvijas kosmosa uzņēmēji piedalīsies kongresā projekta *Interreg SpaceTEM* ietvaros.

Plašāka informācija par referātiem un video tiešraides – kongresa fīmekļa vietnē www.epsc2017.eu. EPSC2017 organizē *Europlanet* (Eiropas lielākais planētu zinātnieku sabiedrības forums) un *Copernicus Meetings* (profesionāls kongresu organizētājs). Vietējo organizēšanu vada LU Astronomijas institūta vad. pētniece PhD Amara Grapa (*Graps*).

ZvD turpmākajos numuros centīsies sniegt detalizētu ieskatu notikušajā kongresā, kā arī tuvāk pastāstīt par atsevišķām interesantām tēmām. Lai šāda mēroga pasākumi Latvijā notiek biežāk!

Mārtiņš Gills



NATĀLIJA CIMAHOVIČA

PAR SAULES KORONAS VIRPUĻIEM UN TO IETEKMI UZ ZEMI UN SABIEDRISKIEM PROCESIEM

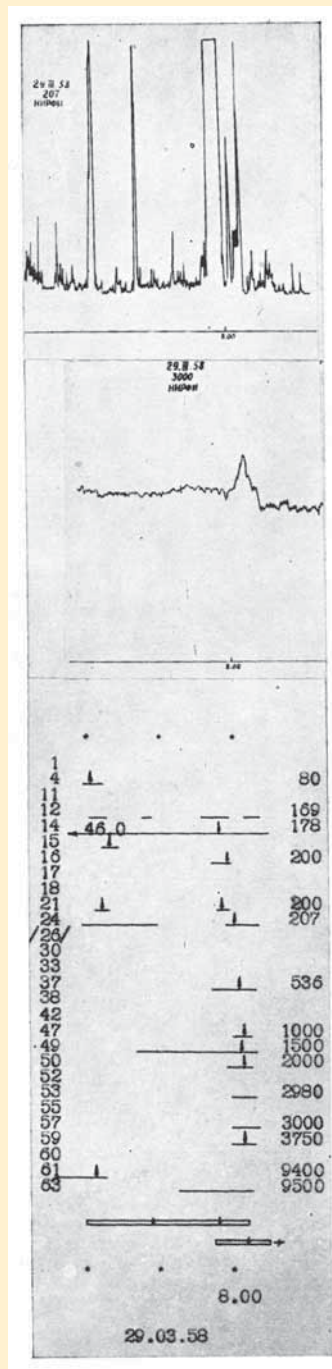
Mūsu dzīvi uz Zemes vada Saule, Saules siltums un gaisma un arī Saules aktivitāte. Saules aktivitātes pamatprocesus – plankumus – cilvēks novērojis jau sen un gadu gaitā domājis par šo pārādību ietekmi uz Zemi. Pēdējos pāris gadsimtos parādījušās ļoti daudzas publikācijas par Saules aktivitātes saikni ar norisēm uz Zemes. Taču visas šīs saites ir tikai matemātiskas un nav aprakstīts fizikāli, kas tad īsti ir par Saules aktivitātes faktoru, kas ietekmē mūsu dzīvi uz planētas. Pagrieziena punkts bija 1942. gads, kad angļu radiolokācijas speciālists Heijs (James Stanley Hey, 1909-2000) pagriezta antenu pret Sauli un konstatēja, ka uzliesmojumu laikā Saule raida papildu radioviļņu plūsmu. Šis atklājums kara laikā bija slepens, un to drīkstēja publicēt tikai pēc kara.

Pēc kara radiolokācijas stacijas tika nodotas astronomiem, un visā pasaulē sāka pēdīt kosmisko objektu radioviļņus. Arī pie mums Latvijā mūsu observatorijas veidotājs Jānis Ikaunieks panāca vienas radiolokācijas stacijas saņemšanu, un arī mēs pārveidojām to tādā veidā, lai varētu reģistrēt Saules radiouzliesmojumu plūsmu. Tādā veidā paplašinājām observatorijas pētījumu loku un arī veidojām saikni ar rietumiem, kas tajā laikā bija oficiāli stipri ierobežota, bet Saule taču jāpēdī nepārtraukti, un tāpēc arī mēs būdām veidojām saikni starp austrumiem un rietumiem, saikni ar savu darbu.

Mūsu observatorijas darba rezultāts tika publicēts Starptautiskā ģeofiziskā gada (1957-1958) materiālos, un, kad ģeofiziskais gads beidzās, mums tika uzdots apkopot visu, kas tai laikā Saules radioviļņu plūsmas pētījumos PSRS observatorijās bija iegūts. Mēs šo darbu izdarījām un konstatējām, ka pēc liela Saules radioviļņu uzliesmojuma, pēc lielas plūsmas, kas bija ļoti intensīva, bet ilga tikai dažas minūtes, bieži pēc šādas plūsmas veidojās ilgstošs radioviļņu pamatlīmeņa pa-

Saules radiouzliesmojuma novērojums 29.III 1958. НИРФИ (Gorkijas Valsts universitātes Zinātniskās pētniecības radiofizikas institūts).

No N. Cimahovičas monogrāfijas «Большие радиовсплески Солнца», 1968, Каталог /46/



cēlums – tā saucamā pēcdarbība. Šī pēcdarbība, to varēja saistīt ar ģeomagnētisko vētru prognozēm, un to mēs arī tā publicējām. Taču laika gaitā prognozes vairs nebija vajadzīgas no Zemes, bet tika realizēti kosmisko aparātu lidojumi, kuri konstatēja plūsmas no Saules. Mūsu materiāls tā palika pa daļai aizmirsts.

Šodien, skatot šo materiālu, mēs varam vērtēt to no cita viedokļa, no tāda viedokļa, ka Saules aktivitātes centru ģenerētās strūklas ierosinājušas virpuļus Saules koronas vienmērīgajā plūsmā. Šie Saules koronas plūsmas virpuļi tad arī nonāca līdz Zemei un, ietekmējot tīri fizikāli, iespaidoja mūsu Zemes atmosfēras izmaiņas – atmosfēras līmeni un magnētiskās vētras. Tādā kārtā Saules aktivitātes saikne ar Zemi no matemātiskās varbūtības ir pārtapusi par cēlonisku sakarību.

Saules radioviļņu uzliesmojumu, radioviļņu intensīvās plūsmas ietekmē Saules koronas plūsmu, izraisa šai koronas plūsmā nevienādības, perturbācijas – virpuļus, un šie virpuļi tad arī kopā ar visu plūsmu virzās uz Zemi. Tādā kārtā Zeme saņem nevienmērīgu Saules atmosfēras vielas plūsmu, un šī nevienmērīgā plūsma arī nevienmērīgā veidā ietek-

mē Zemes atmosfēru, visu Zemes atmosfēras spiedienu, magnētisko lauku.

Tas tad arī ir veids, kā Saule, Saules aktivitāte konkrēti ar fizikāliem laukiem, ietekmē mūsu dzīvi uz Zemes. Te vairs nebija runa par korelatīviem pētījumiem, bet tie bija cēloniskie pētījumi, kas rādīja, kas notiek ar mums, kad uz Zemi atnāk Saules virpuļu plūsma.

Šī plūsma ietekmē visu dzīvo dabu, arī mūs. Un tāpēc parādās dažādi efekti organisma dzīvības procesos. Šeit meklējami cēloņi Saules aktivitātes procesu ietekmei uz mūsu psihi, par kuru jau senlaikus tika domāts, spriežot par sabiedriskām parādībām.

Kad mūsu observatorijas kolektīvs sasauca Vissavienības apspriedi (1965) par Saules-Zemes saistību pētījumiem biosfērā, tad konferences materiālu priekšvārdā mūsu dižais mediķis Kristaps Rudzītis (1899-1978) rakstīja, ka ir pienācis laiks pētīt arī Saules aktivitātes ietekmi uz sabiedriskām parādībām. Tie bija laiki, kad "Glavļita" sarakstos šā grēcīgā teikuma vairs nebija, un tā tas ir ticis publicēts un pastāv vēl šodien. Tas vairs nav tik bīstami kā kādreiz, kad pagājušajā gadsimtā krievu zinātnieku Aleksandru Čiževski (1897-1964) par šādiem teikumiem aizsūtīja uz Gulagu. D

ŠORUDEN JUBILEJA | ŠORUDEN JUBILEJA | ŠORUDEN JUBILEJA

Pirms **70 gadiem – 1947. gada 18. novembrī** pēc Jāņa Ikaunieka iniciatīvas dibināta **Vissavienības Astronomijas un ģeodēzijas biedrības (VAĢB) Rīgas nodaļa**, kopš 1961. gada beigām – VAĢB Latvijas nodaļa, tad Latvijas Astronomijas un ģeodēzijas biedrība (1990), bet no 1993. gada 1. decembra – **Latvijas Astronomijas biedrība**, kas apvieno astronomijas amatierus un profesionāļus. Pirmais priekšsēdētājs līdz 1961. gadam bija tās dibināšanas iniciators Jānis Ikaunieks (1912-1969), nākamais – līdz mūža galam 1993. gadā – Mafiss Dīriķis (1923-1993). Par biedrības aktivitātēm padomju periodā daudz materiālu ir publicēts *Zvaigžņotās Debess* laidienos un ikgadējos *Astronomiskajos kalendāros*, pašlaik – sk. pasaules fimeklī <http://www.lab.lv/>. Par pusgadsimta jubileju var lasīt ZvD: Šmelds I. *Latvijas Astronomijas biedrībai – 50.* – 1997, Rudens, 76.-81. lpp. un Balklavs-Griņhofs A. *Apsveikums Latvijas Astronomijas biedrības 50. gadskārtas jubilejā.* – 1998, Pavasaris, 89.-90. lpp.

Pirms **50 gadiem – 1967. gada 1. decembrī** saskaņā ar LatvPSR Zinātņu akadēmijas Prezidija 28.aug.1967. lēmumu Latvijas PSR ZA Astrofizikas laboratorija iegūst nosaukumu Latvijas PSR ZA **Radioastrofizikas observatorija** (LZA RO, 1967-1997). Pēc astronoma Jāņa Ikaunieka (1912-1969) nāves par direktoru iecelts radioastronomis Arturs Balklavs (1933-2005). Par LZA RO pārtapšanu par LU AI sk. A. Balklava rakstus ZvD: *LZA Radioastrofizikas observatorijas 50. un pēdējā gadskārta.* – 1996/97, Zieme (154), 60.-65. lpp. un *LZA RO turpinājums – LU AI.* – 1997, Rudens (157), 2.-5. lpp.

I. D., I. P.

MĀRIS KRASTIŅŠ

LATVIJAS 45. ATKLĀTĀ SKOLĒNU ASTRONOMIJAS OLIMPIĀDE

2017. gada 19. un 22. aprīlī norisinājās Latvijas 45. atklātā skolēnu astronomijas olimpiāde. Olimpiādi organizēja Latvijas Astronomijas biedrība (LAB) un Latvijas Universitātes (LU) Fizikas un matemātikas fakultāte sadarbībā ar SIA Omicron (interneta veikalu www.ieskaties.lv) un žurnālu *Zvaigžņotā Debess*.

Nemot vērā iepriekšējo divu gadu pozitīvo pieredzi, arī 2017. gadā olimpiādes pirmā kārtā tika rīkota tiešsaistē internetā, izmantojot LU Moodle vidi. Olimpiādes pirmajā kārtā piedalījās 60 skolēni, kuri pārstāvēja Aizkraukles, Jelgavas, Olaines, Skrīveru, Rēzeknes, Rīgas, Valmieras un Ventspils mācību iestādes. Viskuplākais dalībnieku skaits olimpiādes pirmajā kārtā bija no Andreja Upīša Skrīveru vidusskolas, kuru pārstāvēja 15 skolēni.

Pirmās kārtas pirmajā uzdevumā olimpiādes dalībniekiem bija jāatbild uz 10 testa jautājumiem, izvēloties pareizos atbilžu varian-

tus, bet četros pārējos uzdevumos atbildes bija jāiegūst, veicot skaitliskus aprēķinus. Vissekmīgāk uzdevumus atrisināja Rīgas Valsts 1. ģimnāzijas 12. klases skolniece Undīne Kobitjeva, kura ieguva 37,8 punktus no 50 iespējamajiem. Otrā labāko rezultātu ar 34,5 punktiem sasniegta Rīgas Valsts 1. ģimnāzijas 12. klases skolnieks Ruslans Aleksejevs, bet trešajā vietā ar 33,5 punktiem ierindojās Rīgas Valsts 1. ģimnāzijas 12. klases skolnieks Miks Freibergs.

Vairāku gadu garumā olimpiādes rīkotāji bija vērtējuši iespējas jaunākās tehnoloģijas izmantot arī olimpiādes otrajā kārtā, lai padarītu to atraktīvāku un dinamiskāku. Pateicoties Dr. paed. Ilgoņa Vilka iniciatīvai, 2017. gadā tika pilnībā mainīts arī olimpiādes otrās kārtas norises formāts un daļēji arī saturs. Kaut arī otrās kārtas pamatmērķis – skolēnu teorētisko zināšanu pārbaude – palika nemainīgs, tā realizācijas pielāgošana jauniešu vidū populārās televīzijas spēles “Gudrs, vēl gudrāks” formātam ievērojami atdzīvināja olimpiādes norisi un ļāva erudīcijas pārbaudē aktīvi iesaistīties visiem otrās kārtas dalībniekiem, kuru vidū bija 23 pēc pirmās kārtas rezultātiem sekmīgākie skolnieki no Andreja Upīša Skrīveru vidusskolas, Austrumlatvijas Tehnoloģiju vidusskolas, Āgenskalna Valsts ģimnāzijas, Rēzeknes 5. vidusskolas, Rēzeknes Valsts 1. ģimnāzijas, Rēzeknes Valsts poļu ģimnāzijas, Rīgas 93. vidusskolas, Rīgas Klasiskās ģimnāzijas, Rīgas Valsts 1. ģimnāzijas, Rīgas Zolitūdes ģimnāzijas, Valmieras Valsts ģimnāzijas un Ventspils Valsts 1. ģimnāzijas (sk. 1. att.). Otrās kārtas noslēdzošo ceturto posmu sasniegta četri skolēni, no kuriem nobeigumā visvairāk



1. att. Olimpiādes dalībnieki LU Vēstures muzeja zālē gatavojas otrajai kārtai.

punktu (45) ieguva Valmieras Valsts ģimnāzijas 10. klases skolnieks Dens Enrijs Lakučs. Viņam ar 34 punktiem sekoja Rēzeknes 5. vidusskolas 10. klases skolniece Līga Pentjuša, bet R. Aleksejevs un M. Freibergs ieguva attiecīgi 33 un 32 punktus.

Kopvērtējumā par **olimpiādes uzvarētāju**, iegūstot 67,8 punktus, kļuva **Dens Enrijs Lakučs**. Otrajā vietā ar 67,5 punktiem ierindojās Ruslans Aleksejevs, bet trešajā vietā ar 66,5 punktiem ierindojās Līga Pentjuša. Atzinība tika izteikta Mikam Freibergam, kurš ieguva 65,5 punktus.

Noslēgumā olimpiādes godalgoto vietu ieguvēji saņēma LAB diplomus, Zvaigžņotās Debess numurus un citas olimpiādes organizatoru sarūpētās balvas. D.E. Lakučs saņēma arī galveno balvu no SIA Omicron – 3 collu reflektoru Sky Watcher (sk. 2. att.).

Informācija par Latvijas 45. atklāto skolēnu astronomijas olimpiādi ir pieejama LAB mājas lapas www.lab.lv sadaļā "Olimpiādes". Šajā pašā sadaļā būs atrodama informācija arī par nākamā Latvijas 46. atklāto skolēnu astronomijas olimpiādi, kas tiks rīkota 2018. gada pavasarī.



2. att. Olimpiādes žūrija un uzvarētāji (no labās: Ilgonis Vilks, Ruslans Aleksejevs, Dens Enrijs Lakučs, Miks Freibergs, Līga Pentjuša un šo rindu autors)

Foto: Inese Dudareva

3. Kurā no atbildēm ir pareizi sarindotas Zemes grupas planētas pēc atmosfēras spiediena planētas virsmas tuvumā augošā secībā?

- Merkurs, Venēra, Zeme, Marss
- Merkurs, Zeme, Marss, Venēra
- Merkurs, Marss, Zeme, Venēra
- Marss, Merkurs, Zeme, Venēra

4. Tā kā Zeme griežas ap savu asi, cilvēki, kas atrodas uz Zemes, pārvietojas attiecībā pret Zemes rotācijas asi ar noteiktu lineāro ātrumu. Apskafīsim polārpētnieku A, kas atrodas Ziemeļpolā, cilvēku B, kas atrodas Latvijā, un cilvēku C, kas atrodas uz ekvatora. Kurā no atbildēm ir korekti norādīts cilvēku A, B un C lineāro ātrumu salīdzinājums?

- $v_A > v_B > v_C$
- $v_A < v_B < v_C$
- $v_A = v_B = v_C$
- $v_A < v_B = v_C$

5. Kā astronomi ir noskaidrojuši, ka milzu planētu iekšējā struktūra ir līdzīga?

a) Uz planētām ir bijušas nosūtītas zondes, kuras uz Zemi ir nosūtījušas informāciju par apstākļiem uz katras planētas.

OLIMPIĀDES UZDEVUMI UN TO ATRISINĀJUMI

1. uzdevums. Tests

(pareizās atbildes ir pasvītrotas)

1. Kurš no minētajiem objektiem neietilpst mūsu Galaktikā?

- Saule
- Polārzvaigzne
- Oriona miglājs
- Andromedas miglājs

2. Mēness diennakts ilgst apmēram tikpat cik Zemes

- diennakts
- nedēļa
- mēnesis
- gads

b) Par pamatu salīdzinājumam tika izmantotas zināšanas par Zemes iekšējo struktūru.

c) Par pamatu secinājumiem tika izmantoti dati par planētu pavadoņu uzbūvi.

d) Par pamatu secinājumiem tika izmantoti planētu fizikālie raksturlielumi un fizikas likumi.

6. Kurš no optiskā teleskopa raksturlielumiem ir nozīmīgākais astronomisko novērojumu veikšanā?

a) palielinājums

b) fokusa attālums

c) objektīva diametrs

d) okulāra redzeslauks

7. Kurš no novērojumiem, kas veikts, izmantojot teleskopu, apstiprināja heliocentriskās sistēmas modeli?

a) Saules plankumu atklāšana

b) Venēras fāžu novērojumi

c) Jupitera četru lielāko pavadoņu novērojumi

d) Mēness kalnu atklāšana

8. Jūs novērojat divas zvaigznes ar vienādu redzamo spožumu. Zvaigzne A atrodas 5 gaismas gadu attālumā no Zemes, zvaigzne B atrodas 50 gaismas gadu attālumā no Zemes. Kurš apgalvojums pareizi raksturo zvaigžņu A un B gaismas plūsmu?

a) Gaismas plūsma no zvaigznes A ir 10 reizes lielāka nekā no zvaigznes B.

b) Gaismas plūsma no zvaigznes B ir 10 reizes lielāka nekā no zvaigznes A.

c) Gaismas plūsma no zvaigznes A ir 100 reizes lielāka nekā no zvaigznes B.

d) Gaismas plūsma no zvaigznes B ir 100 reizes lielāka nekā no zvaigznes A.

9. Divām galvenās secības zvaigznēm ir atšķirīgas masas. Masīvākajai zvaigznei salīdzinājumā ar vieglāko zvaigzni ir

a) mazāka starjauca un īsāks dzīves ilgums

b) lielāka starjauca un īsāks dzīves ilgums

c) lielāka starjauca un garāks dzīves ilgums

d) mazāka starjauca un garāks dzīves ilgums

10. Cik liels attālums gaismas gados ir no mūsu Galaktikas centra līdz Saulei?

a) 25 000 ly

b) 100 000 ly

c) 250 miljoni ly

d) 100 miljardi ly

2. uzdevums. Jupitera redzamība

Ievērojiet mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem. Atsevišķu uzdevuma posmu atrisināšanai nepieciešama grozāmā zvaigžņu karte vai datorprogramma, kas parāda debess spīdeklju redzamo kustību.

2017. gada pavasarī labi novērojama spoža planēta – Jupiters. Aplūkosim Jupitera un citu debess objektu redzamību Rīgā, kuras ģeogrāfiskais platums ir 57° un ģeogrāfiskais garums ir 24°.

I. Septītajā aprīlī Jupiters atradās opozīcijā ar Sauli. Saule šajā dienā atradās pie zvaigznes Zivju Epsilons un norietēja plkst. 20:16.

A. Kurā zvaigznājā atradās Jupiters?

Atbilde. Opozīcijas laikā Saule un planēta atrodas tieši pretējās debess sfēras pusēs. Grozāmajā zvaigžņu kartē atliek Saules atrašanās vietu pie zvaigznes Zivju Epsilons un atrod pretējo ekliptikas punktu (Jupitera atrašanās vietu), kas atrodas **Jaunavas** zvaigznājā.

B. Cikos uzlēca Jupiters pēc Latvijas vasaras laika?

Atbilde. Ja Saule un planēta atrodas tieši pretējās debess sfēras pusēs, tad Jupiters uzlec, Saulei rietot ap plkst. 20:00 (noapaļojot). To var secināt arī, izmantojot grozāmo zvaigžņu karti. Pēc kartes var noteikt, ka Jupiters lec aptuveni plkst. 18:30 pēc vietējā laika. Starpība starp vietējo laiku un vasaras laiku Rīgā ir 1 h 24 m (Rīgas meridiāns atrodas 6° no laika joslas centra, tas rada $6 \times 4 = 24$ minūšu laika starpību, vēl jāņem vērā vasaras laika

radītā nobīde par 1 stundu). Tātad Jupiters lec ap plkst. **20:00**.

II. Savā redzamajā kustībā Jupiters pārvietojas caur dažādiem zvaigznājiem, reizēm tas nonāk arī Saules tuvumā.

A. Vai Jupiters var atrasties Lielā Lāča zvaigznājā?

Atbilde. Nē! Jupiters vienmēr atrodas ekliptikas tuvumā, bet Lielā Lāča zvaigznājs atrodas tālu no ekliptikas.

B. 2012. gadā bija novērojama Venēras pāriešana Saules diskam. Vai arī Jupiters, raugoties no Zemes, var šķērsot Saules disku?

Atbilde. Nē! Jupiters atrodas tālāk no Saules nekā Zeme. Raugoties no Zemes, tas var atrasties aiz Saules, bet ne priekšā Saulei.

III. 2017. gada aprīlī Jupitera tuvumā redzama spoža 1. zvaigžņlieluma zvaigzne.

A. Kā sauc šo zvaigzni?

Atbilde. Jupitera tuvumā atrodas 1. zvaigžņlieluma zvaigzne **Spika**, kas ir Jaunavas zvaigznāja spožākā zvaigzne.

B. Cik liela ir zvaigznes rektascensija?

Atbilde. Izmantojot grozāmo zvaigžņu karti, nolasa vai ar datorprogrammas palīdzību noskaidro, ka Spikas rektascensija ir **13 stundas** (noapaļojot).

C. Cik liela ir zvaigznes deklinācija?

Atbilde. Izmantojot grozāmo zvaigžņu karti, nolasa vai ar datorprogrammas palīdzību noskaidro, ka Spikas deklinācija ir **-10°** (noapaļojot līdz loka grādu desmitam).

IV. 2017. gada vasaras saulgriežos Jupitera rektascensija ir 12 h 51 m, deklinācija ir -4°.

A. Kurā zvaigznājā atrodas Jupiters?

Atbilde. Izmantojot grozāmo zvaigžņu karti, nolasa vai ar datorprogrammas palīdzību noskaidro, ka Jupiters vēl arvien atrodas **Jaunavas** zvaigznājā.

B. Cik lielā leņķiskajā augstumā Jupiters atrodas augšējā kulminācijā?

Atrisinājums. Pēc augšējās kulminācijas formulas $h = 90^\circ - \varphi + \delta$, kur Rīgas ģeogrā-

fiskais platums $\varphi = 57^\circ$ un Spikas deklinācija $\delta = -4^\circ$, aprēķina, ka Jupitera leņķiskais augstums augšējā kulminācijā ir $h = 90^\circ - 57^\circ + (-4^\circ) = 29^\circ$.

C. Cikos riet Jupiters pēc Latvijas vasaras laika?

Atbilde. Izmantojot grozāmo zvaigžņu karti, noskaidro, ka Jupiters, kura koordinātas ir zināmas, vasaras saulgriežos (ap 21. jūniju) riet ap plkst. 0:30 pēc vietējā laika. Starpība starp vietējo laiku un vasaras laiku Rīgā ir 1 h 24 m. Tātad Jupiters pēc Latvijas vasaras laika riet ap plkst. **2:00**. Jupitera rieta laiku var noteikt arī ar datorprogrammas palīdzību.

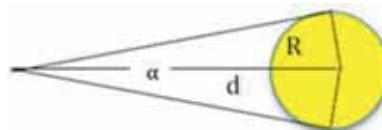
3. uzdevums. Saules aptumsums

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

2015. gada 20. martā Latvijā bija novērojams daļējs Saules aptumsums. Attālums no Zemes līdz Mēnesim šajā dienā bija 365 100 km. Mēness rādiuss ir 1737,5 km. Attālums no Zemes līdz Saulei bija 149,6 miljoni km, Saules rādiuss – 695 800 km. Mēness sinodiskais periods apkārt Zemei attiecībā pret Sauli ir 29,5 dienas.

I. Aprēķināt Saules un Mēness leņķisko diametru grādos aptumsuma dienā!

Atrisinājums.



Risinot uzdevumu, jāņem vērā, ka maziem leņķiem $\text{tg}x \approx \sin x = x$.

Izmantojot attēlu, var noteikt, ka Mēness un attiecīgi Saules leņķiskais diametrs ir

$$D_{\text{Mēness}} = 2\alpha = 2\text{tg}\alpha = 2 \frac{R}{d} = 2 \cdot \frac{1737,5}{365100} =$$

$$= 0,0095 \text{ rad} = \mathbf{0,544^\circ},$$

$$D_{\text{Saulē}} = 2\alpha = 2\text{tg}\alpha = 2 \frac{R}{d} = 2 \cdot \frac{695800}{149600000} =$$

$$= 0,0093 \text{ rad} = \mathbf{0,533^\circ}.$$

II. Lai novērotu aptumsumu, astronoms lieto teleskopu, kuram uzlikts Saules filtrs. Teleskopa objektīva fokuss ir 200 cm, okulāra fokuss ir 25 mm, un redzeslauks ir 52° .

A. Cik liels ir teleskopa palielinājums?

Atrisinājums. Teleskopa palielinājums ir vienāds ar

$$\Gamma = \frac{\Gamma_{obj}}{\Gamma_{ok}} = \frac{200}{2,5} = 80 \text{ reizes.}$$

B. Cik liels ir teleskopa objektīva redzeslauks?

Atrisinājums. Teleskopa objektīva redzeslauks ir vienāds ar

$$\Gamma = \frac{RL_{ok}}{RL_{obj}} \rightarrow RL_{obj} = \frac{RL_{ok}}{\Gamma} = \frac{52}{80} = \mathbf{0,65^\circ}.$$

C. Vai ir iespējams šajā teleskopā ieraudzīt visu Saules disku?

Atbilde. Jā! Šajā teleskopā varēs redzēt visu Saules disku, jo teleskopa redzeslauks ir lielāks nekā Saules leņķiskais diametrs.

III. Pieņemsim, ka astronoms novēro aptumsumu, atrodoties Ziemeļpolā, kur Zemes rotāciju var neņemt vērā.

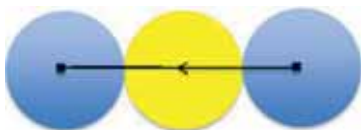
A. Cik liels ir Mēness leņķiskais ātrums kustībā ap Zemi?

Atrisinājums. Tā kā, atrodoties Ziemeļpolā, Zemes rotācija nav ievērojama, tad aptumsuma cēlonis ir Mēness paša rotācijas kustība ap Zemi ar periodu 29,5 dienas, attiecībā pret Zemes kustību ap Sauli. Līdz ar to Mēness leņķiskais ātrums kustībā ap Zemi ir vienāds ar

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{360^\circ}{29,5 \text{ dienas}} = \mathbf{12,2^\circ / \text{dienā}}.$$

B. Aprēķināt aptumsuma ilgumu no brīža, kad Mēness sāk aizsegēt Sauli, līdz brīdim, kad Mēness vairs nemaz neaizklāj Saules disku!

Atrisinājums.



Kā redzams attēlā, leņķiskais attālums, ko noiet Mēness no brīža, kad tas sāk aizsegēt

Sauli, līdz brīdim, kad vairs neaizsedz Sauli, ir vienāds ar

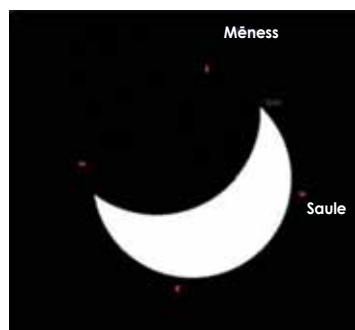
$$\Delta\alpha = D_{Mēness} + D_{Saulis} = 0,544 + 0,533 = 1,077^\circ.$$

Laiks, kas nepieciešams, lai Mēness veiktu šo attālumu, ir vienāds ar

$$\Delta t = \frac{\Delta\alpha}{\omega} = \frac{1,077^\circ}{12,2^\circ / \text{dienā}} = 0,088 \text{ dienas} =$$

$$= 2,12 \text{ h.}$$

IV. Izmantojot programmu *Stellarium*, tika iegūts attēls, kas simulē, kāds izskatījās daļējais Saules aptumsums 2015. gada 15. martā, vērojot to no Rīgas.



Debess puses attēlā attiecībā pret novērotāju ir šādas:

uz augšu – Z, uz leju – D, pa labi – R, pa kreisi – A.

A. Kāds Saules aptumsuma moments ir redzams šajā attēlā – aptumsuma beigas vai sākums?

Atbilde. Attēlā ir nofotografētas Saules aptumsuma **beigas**.

B. Kuri no zemāk minētajiem apgalvojumiem pamato atbildi uz iepriekšējo jautājumu? Uz ķermeņu orbitām skatāties no augšas. Izvēlieties vienu vai vairākas atbildes!

Atbilde. Pareizās atbildes ir pasvītrotas.

· Zeme rotē ap savu asi no R uz A pulksteņa rādītāja kustības virzienā.

· Zeme rotē ap savu asi no R uz A pretēji pulksteņa rādītāja kustības virzienam.

· Mēness un Saule šķietami kustas debēs no A uz R pulksteņa rādītāja kustības virzienā.

· Mēness un Saule šķietami kustas debesīs no A uz R pretēji pulksteņa rādītāja kustības virzienam.

· Mēness apriņķo Zemi no R uz A pulksteņa rādītāja kustības virzienā.

· Mēness apriņķo Zemi no R uz A pretēji pulksteņa rādītāja kustības virzienam.

· Aptumsums sākas R pusē, skatoties uz Sauli no Zemes, un beidzas A pusē.

· Aptumsums sākas A pusē, skatoties uz Sauli no Zemes, un beidzas R pusē.

4. uzdevums. Citplanētu sistēma

Ievērojiet mērvienības, kādās jāizsaka atbildes! Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem. Atsevišķu uzdevuma posmu atrisināšanai nepieciešama informācija no uzziņu avotiem vai interneta resursiem.

2017. gada 22. februārī NASA paziņoja par Spitzer kosmiskā teleskopa atklāto septiņu Zemes izmēra planētu sistēmu TRAPPIST-1. Šīs citplanētu sistēmas nosaukums ir cēlies no Čīlē esošā *Transiting Planets and Planetesimals Small Telescope* nosaukuma.

Aprēķinos tiek izmantotas šādas vērtības: Zemes masa ir $5,9722 \times 10^{24}$ kg, Zemes rādiuss ir 6731 km, Saules rādiuss ir 695 508 km, astronomiskā vienība 1 AU = 150 miljoni km, gravitācijas konstante $G = 6,67 \times 10^{-11}$ M·m²/kg².

I. Cik liels ir šīs planētu sistēmas centrālās zvaigznes TRAPPIST-1a redzamais spožums zvaigžņlielumos?

Atbilde. 18,8^m

II. Vai ar Habla kosmisko teleskopu ir iespējams iegūt zvaigznes TRAPPIST-1a attēlu?

Atbilde. Jā! Ar Habla kosmisko teleskopu ir iespējams iegūt līdz pat 31. zvaigžņlieluma objektu attēlus.

III. Vai TRAPPIST-1a zvaigzne ir novērojama Latvijā?

Atbilde. Jā! Zvaigzne ir novērojama Latvijā, jo tā atrodas Ūdensvīra zvaigznājā un tās deklinācija ir -5°02'.

IV. Vai ar Baldones Šmidta teleskopu ir iespējams iegūt zvaigznes TRAPPIST-1a attēlu?

Atbilde. Jā! Zvaigznes redzamais spožums ir +18^m,8, bet ar Baldones Šmidta teleskopu var aplūkot objektus līdz 21. zvaigžņlielumam.

V. Noteikt vismazāko iespējamo TRAPPIST-1 sistēmas ķermeņa apriņķošanas periodu (stundās) ap TRAPPIST-1a!

Atrisinājums. Vismazākais iespējamais TRAPPIST-1 sistēmas ķermeņa attālums no centrālās zvaigznes ir vienāds ar šīs sistēmas centrālās zvaigznes TRAPPIST-1a rādiusu, kas ir vienāds ar $R_1 = 0,117 \pm 0,004 R_\odot \approx 81\,374$ km.

$$\text{Izmantojot trešo Keplera likumu } \frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{a_2^3}{T_2^2}$$

un izvēloties jebkuru no planētām kā otru ķermeni, iegūstam minimālo apriņķošanas periodu.

TRAPPIST-1b $a = 0,011$ AU = 1 650 000 km, $T = 1,51$ diena = 36,24 h

$$T_1 = T_2 \sqrt{\frac{a_1^3}{a_2^3}} = 36,24 \cdot \sqrt{\frac{81\,397^3}{1\,650\,000^3}} \approx 0,397 \text{ h.}$$

Tātad vismazākais iespējamais apriņķošanas periods $T_1 = 0,4$ h.

VI. 2070. gadā TRAPPIST-1e iedzīvotāji nolēma nosūtīt kosmisko aparātu uz TRAPPIST sistēmas planētu TRAPPIST-1f. Kosmiskais aprāts iegāja ļoti neliela augstuma riņķveida orbītā ap TRAPPIST-1f, un tā apriņķošanas periods bija 109,3 minūtes.

A. Cik liels bija kosmiskā aparāta ātrums šajā orbītā?

Atrisinājums. Tā kā kosmiskais aparāts kustas pa riņķveida orbītu, tā ātrums ir vienāds ar pirmo kosmisko ātrumu $v = \sqrt{GM/R}$, kur M ir planētas masa, bet R – rādiuss.

TRAPPIST-1f masu un rādiusu atrodam informācijas avotos, piemēram, <http://www.trappist.one/#system>.

$M = 0,68 \pm 0,18 M_2 = 5,9722 \times 10^{24} \times 0,68 = 4,06 \times 10^{24}$ kg,

$$R = 1,045 \pm 0,038 R_z = 6\,371\,000 \times 1,045 = 6,66 \times 10^6 \text{ m.}$$

$$v = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 4,06 \cdot 10^{24}}{6,66 \cdot 10^6}} = 6\,372 \text{ m/s.}$$

Var arī pieņemt, ka orbītas rādiuss ir vienāds ar planētas rādiusu, jo uzdevumā ir dots, ka kosmiskais aparāts iegāja ļoti maza augstuma apļveida orbītā. Tas nozīmē, ka kosmiskā aparāta apriņķošanas periods ir vienāds ar $T = 2\pi R/v$, no kurienes

$$v = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 6,66 \cdot 10^6}{109,3 \cdot 60} = 6\,377 \text{ m/s.}$$

B. Noteikt TRAPPIST-1f blīvumu!

Atrisinājums. TRAPPIST-1f masu un rādiusu atrodam informācijas avotos, piemēram, <http://www.trappist.one/#system>.

$$M = 0,68 \pm 0,18 M_z = 5,9722 \times 10^{24} \times 0,68 = 4,06 \times 10^{24} \text{ kg,}$$

$$R = 1,045 \pm 0,038 R_z = 6\,371\,000 \times 1,045 = 6,66 \times 10^6 \text{ m.}$$

Blīvums ir vienāds ar $\rho = M/V$, kur $V = \frac{4}{3} \pi R^3$.

$$\text{Skaitliski } \rho = \frac{4,06 \cdot 10^{24}}{1\,237 \cdot 10^{18}} = 3\,282 \text{ kg/m}^3.$$

5. uzdevums. Galaktikas raksturlielumi

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

I. Astronomi nesen atkārtoti novēroja kādu galaktiku Medību Suņu zvaigznājā un noteica, ka galaktikas spektrā spektrālīnija ar viļņa garumu 612,24 nm ir nobīdīta uz spektra sarkano pusi par 1 nm. Gaismas ātrums ir 300 000 km/s. Habla konstante ir 70 km/(s·Mpc).

A. Ar cik lielu ātrumu pārvietojas galaktika?

Atrisinājums. Galaktikas sarkanā nobīde ir vienāda ar

$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{1}{612,24} = 0,0016333.$$

Galaktikas attālināšanās ātrums ir vienāds ar $v = cz$, kur $c = 300\,000 \text{ km/s}$.

$$\text{Skaitliski } v = 300\,000 \times 0,0016333 = 490 \text{ km/s.}$$

B. Vai galaktika tuvojas vai attālinās?

Atbilde. Galaktika attālinās. Ja objekta spektrā novērojama spektrālīniju nobīde uz spektra sarkano pusi, objekts attālinās no vērotāja.

C. Cik liels ir attālums Mpc līdz galaktikai?

Atrisinājums. Saskaņā ar Habla likumu galaktikas attālums $r = v/H$. Skaitliski $r = 490/70 = 7 \text{ Mpc}$.

II. Galaktikas leņķiskais rādiuss ir 5,5 loka minūtes. Cik liels ir galaktikas lineārais rādiuss pc?

Atrisinājums. Pēc sakarībām taisnleņķa trijstūrī galaktikas lineārais rādiuss $r = d \times \text{tga}$, kur a ir leņķiskais rādiuss 5,5/60 loka grādi un d ir galaktikas attālums. Skaitliski $r = 7\,000\,000 \times \text{tg}(5,5/60) = 11\,200 \text{ pc}$.

III. Galaktikas absolūtais spožums zvaigžņlielos ir $-20,8^m$. Absorbciju vidē neņem vērā!

A. Cik liels ir galaktikas redzamais spožums?

Atrisinājums. Redzamo spožumu m aprēķina pēc formulas $m = M + 5 \lg d - 5$, kur M ir galaktikas absolūtais spožums zvaigžņlielos un d ir galaktikas attālums parsekos. Skaitliski $m = -20,8 + 5 \times \lg 7\,000\,000 - 5 = 8,4$ zvaigžņlielos.

B. Vai galaktika ir redzama ar neapbruņotu aci?

Atbilde. Nē! Ja objekta spožums lielāks par 6. zvaigžņlielumu, tas nav saskatāms ar neapbruņotu aci.

C. Kas tā ir par galaktiku? Uzrakstiet tās Mesjē kataloga numuru!

Atbilde. Galaktika atrodas Medību Suņu zvaigznājā, tās redzamais spožums ir $8^m,4$, redzamais diametrs ir 11 loka minūtes, nesenis attāluma novērtējums ir 7 Mpc jeb 23 Mly. Literatūrā vai interneta resursos atrod, ka tā ir Atvara galaktika M51.

D. Pie kura no četriem galaktiku tipiem – spirālveida, eliptiskā, lēcveida, neregulārā – tā pieder?

Atbilde. Atvara galaktika M51 ir spirālveida galaktika. D

LATVIJAS 41. SKOLĒNU ZINĀTNISKĀ KONFERENCE

Latvijas 41. skolēnu zinātniskā konference šogad notika no 21. līdz 23. aprīlim. Konferenci organizēja Valsts izglītības satura centrs kopā ar sadarbības partneriem. Pirmajā dienā darba kārtībā bija skolēnu pētniecisko darbu izstādes vairākās sekcijās – fizikas, ķīmijas, bioloģijas, inženierzinātņu un veselības sekcijās.

22. aprīlis sākās ar konferences atklāšanas plenārsēdi Latvijas Universitātes Lielajā aulā, kam sekoja skolēnu zinātniski pētniecisko darbu prezentācijas divdesmit trijās nozaru sekcijās Latvijas universitātē, Rīgas Tehniskajā universitātē, Latvijas Kultūras akadēmijā, Latvijas Mākslas akadēmijā un Rīgas Stradiņa universitātē.

Konferences noslēgumā 23. aprīlī notika labāko pētniecisko darbu prezentācijas un laureātu apbalvošana. Labākie no skolēnu zinātniski pētnieciskajiem darbiem tika izvirzīti dalībai 29. Eiropas Savienības Jauno zinātnieku konkursā.

Skolēnu zinātniskajā konferencē piedalījās 556 skolēni ar 460 pētnieciskajiem darbiem.

Astronomijas zinātni šogad pārstāvēja pieci zinātniskie darbi. Rīgas Juglas vidusskolas 11. klases skolnieces Asnates Bērziņas pētnieciskais darbs "Saules skārienkomētas", darba vadītāja fizikas skolotāja Māriete Grīne, Rīgas Valsts 2. ģimnāzijas 11. klases skolnie-

ču Indras Bērziņas un Sabīnes Bērziņas darbs "Saules aktivitātes ietekme uz Zemes gaisa temperatūru Rīgā", darba vadītāja fizikas skolotāja Virģinija Vītola, Rīgas Franču liceja skolnieces Kristiānas Imšas darbs "Vielas izsviešanas uz neatgriešanos jeb otrā kosmiskā ātruma pārsniegšanas ietekme uz Saules sistēmas debess ķermeņu ātrumu", darba vadītāja fizikas skolotāja Biruta Šķēle, Jūrmalas pilsētas Kauguru vidusskolas 12. klases skolēnu Raimonda Neimaņa un Vladislava Siņicina darbs "Skolēnu kļūdaino astronomijas priekšstatu atklāšana un korekcija", darba vadītāja fizikas skolotāja Ella Daņiloņa un Rīgas Klasiskās ģimnāzijas 11. klases skolnieces Zlatas Potiljicinas pētnieciskais darbs "Planētu atmosfēras optiskā biezuma noteikšana, izmantojot Saules plankumu attēlus", darba vadītājs skolotājs Sergejs Bratarčuks.

Žūrija pēc iepazīšanās ar darbiem un skolēnu prezentāciju noklausīšanās klātienē nolēma piešķirt **II pakāpi Asnatei Bērziņai** par Saules skārienkomētu pētījumu un **Kristiānai Imšai** par darbu "Vielas izsviešanas uz neatgriešanos jeb otrā kosmiskā ātruma pārsniegšanas ietekme uz Saules sistēmas debess ķermeņu ātrumu" un **III pakāpi Indrai Bērziņai** un **Sabīnei Bērziņai** par pētījumu par Saules aktivitātes ietekmi uz Zemes gaisa temperatūru.



Rīgas Klasiskās ģimnāzijas 11. kl. skolniece Zlata Potiljicina prezentē darbu par planētu atmosfēras optiskā biezuma noteikšanu.
Visi foto: Inese Dudareva

3. uzd. No tā, ka $GANGA$, dalot ar 7, dod atlikumu A , $GANGA$, dalot ar 11, dod atlikumu N , bet $GANGA$, dalot ar 13, dod atlikumu G , izriet, ka $(GANGA-A)$ dalās ar 7, $(GANGA-N)$ dalās ar 11 un $(GANGA-G)$ dalās ar 13. Pārveidojam doto skaitli $GANGA=GA\cdot 1000+N\cdot 100+GA=1001\cdot GA+100N=13\cdot 11\cdot 7\cdot GA+100N$.

Pirmais saskaitāmais dalās gan ar 13, gan ar 11, gan ar 7.

Lai $(GANGA-G)$ dalītos ar 13, $(100N-G)$ ir jādalās ar 13. Ievērojot, ka $100N-G=91N+9N-G=13\cdot 7N+9N-G$, iegūstam, ka $(9N-G)$ jādalās ar 13. Līdzīgi, ar 7 ir jādalās $(100N-A)$. Pārveidojot $100N-A=98N+2N-A=7\cdot 14N+2N-A$, iegūstam, ka $(2N-A)$ jādalās ar 7.

Visbeidzot ar 11 ir jādalās $100N-N=99N$, kas vienmēr izpildās.

Tā kā A ir atlikums, kas rodas, skaitli dalot ar 7, tad $A\leq 6$, un, tā kā $A>N$, tad lielākā iespējamā N vērtība ir 5. Apskaifsim visus gadījumus.

| N | $9N - G$ | G , lai $(9N - G) : 13$ | $2N - A$ | A , lai $(2N - A) : 7$ | \overline{GANGA} |
|-----|----------|---------------------------|----------|-----------------------------|--------------------|
| 0 | $-G$ | 0 (neder, jo $N = 0$) | | | |
| 1 | $9 - G$ | 9 | $2 - A$ | 2 9 (neder, jo $G = 9$) | 92192 |
| 2 | $18 - G$ | 5 | $4 - A$ | 4 | 54254 |
| 3 | $27 - G$ | 1 (neder, jo $G < N$) | | | |
| 4 | $36 - G$ | nav | | | |
| 5 | $45 - G$ | 6 | $10 - A$ | 3 (neder, jo $A < N$) | |

Tātad sākotnējais skaitlis varēja būt 54254 vai 92192.

4. uzd. Veicot ekvivalentus pārveidojumus, iegūst $(x^2-1)^2+(x-1,5)^2+0,75>0$. Tā kā skaitļa kvadrāts ir nenegatīvs un $0,75$ ir pozitīvs skaitlis, tad pēdējā nevienādība ir patiesa. Tā kā tika veikti ekvivalenti pārveidojumi, tad arī dotā nevienādība ir patiesa visiem reāliem skaitļiem x .

5. uzd. Ja $N=1$, tad kastē ir vismaz viena bumbiņa, kas nokrāsota vienīgajā iespējamajā krāsā, un uz tās uzrakstīts skaitlis 1. Tātad vērtība $N=1$ der.

Parādīsim, ja $N=2$, tad vienmēr var atrast divas bumbiņas, kam izpildās prasītās īpaši-

| Skaitlis \ Krāsa | s_1 | s_2 | s_3 | ... | s_N |
|------------------|-------|-------|-------|-----|-------|
| k_1 | | + | + | ... | + |
| k_2 | + | | | | |
| k_3 | + | | | | |
| ... | ... | | | | |
| k_N | + | | | | |

bas. IZvēlamies patvaļīgu bumbiņu. Tās krāsu apzīmējam ar k_1 , bet skaitli, kas uz tās uzrakstīts, – ar s_1 . Ja kastē atrodas bumbiņa, kuras krāsa ir k_2 un uz kuras uzrakstīts skaitlis s_2 , tad esam atraduši nepieciešamo bumbiņu pāri. Apskaifsim gadījumu, kad kastē nav bumbiņas, kuras krāsa ir k_2 un uz kuras uzrakstīts skaitlis s_2 . Tā kā kastē ir divu dažādu krāsu bumbiņas, tad kastē ir jābūt bumbiņai, kuras krāsa ir k_2 un uz kuras uzrakstīts skaitlis s_1 . Tā kā kastē ir bumbiņa, uz kuras uzrakstīts skaitlis s_2 , tad kastē ir jābūt bumbiņai, kuras krāsa ir k_1 un uz kuras

uzrakstīts skaitlis s_2 . Tātad kastē ir divas bumbiņas, kuru krāsas ir k_2 un k_1 un uz tām uzrakstītie skaitļi ir attiecīgi s_1 un s_2 , kas veido nepieciešamo bumbiņu pāri.

Pamatosim, ka N nevar būt lielāks kā

2. Tabulā slejas augšā parādīts piemērs, kurā visas uzdevumā minētās īpašības izpildās, bet nevar atrast N dažādu krāsu bumbiņas, uz kurām uzrakstīti visi skaitļi no 1 līdz N .

10. klase

1. uzd. No Vjeta teorēmas izriet, ka $x_1+x_2=b$ un $x_1\cdot x_2=c$. Tātad gan sakņu summa, gan sakņu reizinājums ir naturāls skaitlis un abas saknes ir pozitīvas.

a) Pārveidojam doto izteiksmi:

$x_1^2+x_2^2+2017=(x_1+x_2)^2-2x_1x_2+2017=b^2-2c+2017$. Tā kā naturāla skaitļa kvadrāts ir naturāls skaitlis un naturālu skaitļu summa vai starpība ir vesels skaitlis, tad $b^2-2c+2017$ ir vesels skait-

lis, līdz ar to $x_1^2+x_2^2+2017$ arī ir vesels skaitlis. Ņemot vērā, ka $x_1^2+x_2^2+2017>0$, secinām, ka $x_1^2+x_2^2+2017$ ir naturāls skaitlis.

b) Pārveidojam doto izteiksmi:

$$x_1^3+x_2^3=(x_1+x_2)(x_1^2+x_2^2-x_1x_2(x_1+x_2))=b(b^2-2c)-cb=b^3-3bc.$$

Tā kā naturāla skaitļa kubs ir naturāls skaitlis un naturālu skaitļu starpība ir vesels skaitlis, tad b^3-3bc ir vesels skaitlis. Tā kā $x_1^3+x_2^3>0$, tad $x_1^3+x_2^3$ ir naturāls skaitlis.

Piezīme. b) gadījumā var izmantot formulu $a^3+b^3=(a+b)(a^2-ab+b^2)$.

2. uzd. Ja pirmskaitlis satur kādu no cipariem 0, 2, 4, 5, 6 vai 8, tad, izveidojot skaitli, kur šis cipars ir pēdējais, būsīm ieguvuši skaitli, kas dalās ar 2 vai 5, tātad nav pirmskaitlis. Atliek aplūkot gadījumu, kad pirmskaitlis satur tikai ciparus 1, 3, 7 un 9.

Aplūkojam septiņus skaitļus $x \cdot 10^4+1379$, $x \cdot 10^4+1397$, $x \cdot 10^4+1739$, $x \cdot 10^4+1793$, $x \cdot 10^4+1937$, $x \cdot 10^4+1973$, $x \cdot 10^4+3719$, kur x ir skaitlis, kura pieraksts veidots no atlikušajiem dotā pirmskaitļa cipariem, kas paliek, ja pa vienai reizei izmanto ciparus 1, 3, 7 un 9 ($x=0$, ja dotais bija četrциparu skaitlis).

Aplūkojam atlikumus, kas rodas, dalot šos skaitļus ar 7, turklāt uzskatīsim, ka, skaitli $x \cdot 10^4$ dalot ar 7, atlikumā iegūst y , kur $y \in \{0; 1; 2; 3; 4; 5; 6\}$.

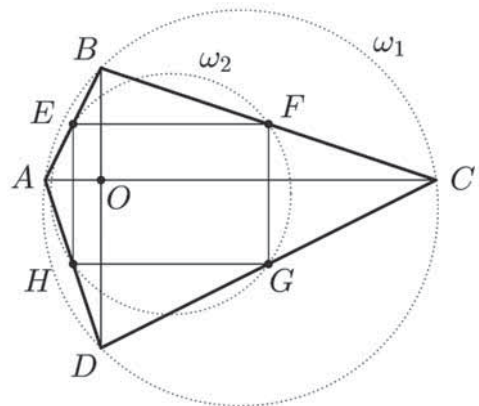
| Skaitlis | Atlikums, dalot ar 7 |
|-----------------------|----------------------|
| $x \cdot 10^4 + 1379$ | y |
| $x \cdot 10^4 + 1397$ | $y + 4$ |
| $x \cdot 10^4 + 1739$ | $y + 3$ |
| $x \cdot 10^4 + 1793$ | $y + 1$ |
| $x \cdot 10^4 + 1937$ | $y + 5$ |
| $x \cdot 10^4 + 1973$ | $y + 6$ |
| $x \cdot 10^4 + 3719$ | $y + 2$ |

Ievērojam, ka neatkarīgi no y vērtības kāds no skaitļiem dalīsies ar 7, tātad nebūs pirmskaitlis. Līdz ar to esam pierādījuši vajadzīgo.

3. uzd. Apzīmēsim malu AB , BC , CD un DA malu viduspunktus attiecīgi ar E , F , G un H (skat. 2. att.). Nogrieznis EF ir trijstūra ABC viduslīnija, tāpēc $EF \parallel AC$ un $EF=AC/2$. Līdzīgi, HG ir $\triangle ACD$ viduslīnija, tāpēc $HG \parallel AC$ un $HG=AC/2$.

No $\triangle ABD$ un $\triangle BCD$ līdzīgi iegūst, ka $EH=FG=BD/2$ un $EH \parallel FG$.

Tātad četrstūris $EFGH$ ir paralelograms, jo tā pretējās malas ir vienādas. Tā kā visas četrstūra $EFGH$ virsotnes atrodas uz riņķa līnijas ω_2 , tad $EFGH$ ir taisnstūris, no kurienes izriet, ka $BD \perp AC$. Tātad $\triangle DOC$ (punkts O ir AC un BD krustpunkts) ir taisnleņķa un $\angle ODC + \angle OCD = 90^\circ$ jeb $\angle BDC + \angle ACD = 90^\circ$. Tā kā $\angle ABD = \angle ACD$ kā ievilkto leņķi, kas balstās uz viena un tā paša loka AD , tad $\angle BDC + \angle ABD = 90^\circ$.



2. att.

4. uzd. Lielākais komplektu skaits ir astoņi, piemēram, $(6, 7, 8)$; $(5, 7, 9)$; $(4, 5, 12)$; $(3, 4, 14)$; $(3, 6, 12)$; $(2, 8, 11)$; $(2, 9, 10)$; $(1, 1, 19)$.

Pierādīsim, ka vairāk kā astoņus komplektus izveidot nevar. Ja varētu izveidot deviņus komplektus, tad būtu izmantotas 27 karštes un uz tām uzrakstīto skaitļu summa būtu $9 \cdot 21 = 189$, bet pati mazākā skaitļu summa, ko var iegūt no 27 karštēm, ir

$$2 \cdot 1 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 3 + \dots + 2 \cdot 13 + 14 = 2 \cdot (1 + 2 + \dots + 13) + 14 = 2 \cdot ((1+13) \cdot 13) / 2 + 14 = 196,$$

kas jau ir lielāka nekā 189. Tātad deviņus komplektus izveidot nevar.

5. uzd. Mazākais iespējamais kopējais ceļojumu skaits ir 10. Rakstīsim ceļojumus 6×6 tabulā, rindīņas atbildīs tūristiem, kolonnas – valstīm, ja tūrists ir bijis ceļojumā uz kādu valsti, tad šajā rūtiņā liksim krustiņu. Pamatošim, ka der tabulā parādītais piemērs. Viegli redzēt, ka jebkuri 3 tūristi ir kopumā apmeklējuši vismaz 4 valstis, tātad, izvēloties jebkuras 3 valstis, vismaz vienu no tām kāds no šiem tūristiem būs apmeklējis.

| Valsts \ Tūrists | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. |
|------------------|----|----|----|----|----|----|
| 1. | | | | | X | X |
| 2. | | | | X | | X |
| 3. | | | X | | X | |
| 4. | | | X | X | | |
| 5. | | X | | | | |
| 6. | X | | | | | |

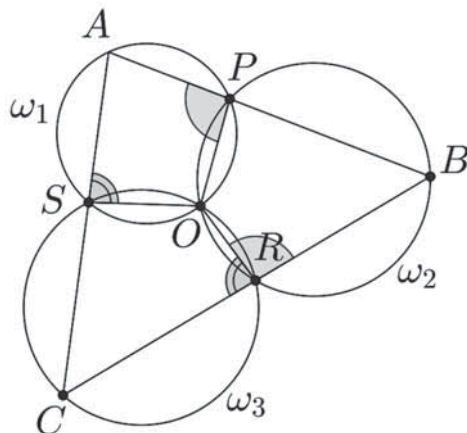
Pierādīsim, ka ar deviņiem ceļojumiem nepietiek. Aplūkosim 3 tūristus, kuri ir devušies vismazāk ceļojumos. Vispirms pamatosim, ka tie kopā ir devušies ne vairāk kā 3 ceļojumos. Ja tie būtu devušies četros ceļojumos, tad vismaz kāds no tiem būtu devies divos ceļojumos, tātad arī atlikušie 3 tūristi katrs būtu devušies vismaz divos ceļojumos (jo mēs aplūkojam tūristus, kas ir ceļojuši vismazāk). Tātad kopējais ceļojumu skaits ir vismaz $4+2 \cdot 3=10$ un iegūta pretruna. Līdz ar to ir 3 tūristi, kas kopā ir devušies ne vairāk kā 3 ceļojumos, tātad tie kopā apmeklējuši ne vairāk kā 3 valstis. Tāpēc ir vismaz 3 valstis, ko neviens no šiem trim tūristiem nav apmeklējis, kas ir pretrunā ar uzdevuma nosacījumiem.

11. klase

1. uzd. Katru šādu piecciparu skaitli var iegūt, izsvītrojot 4 ciparus no skaitļa 123456789. Tā kā četrus ciparus var izvēlēties $C_9^4 = \frac{9 \cdot 8 \cdot 7 \cdot 6}{4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1} = 126$ veidos, tad ir tieši 126 šādi piecciparu skaitļi.

2. uzd. Lielāks ir skaitlis $(\sqrt{7})^{7^5}$. Kāpināsim abus skaitļus pakāpē $2\sqrt{5}$ un pierādīsim, ka $(\sqrt{5})^{7^7 \cdot 2\sqrt{5}} < (\sqrt{7})^{7^5 \cdot 2\sqrt{5}}$. Tas savukārt izriet no tā, ka $(\sqrt{7})^{7^5 \cdot 2\sqrt{5}} = 7^5 = 16087$, bet $(\sqrt{5})^{7^7 \cdot 2\sqrt{5}} = 5^{\sqrt{35}} < 5^6 = 15625$.

3. uzd. Savienojam punktu R ar B un C (skat. 3. att.), pietiek pierādīt, ka $\angle BRC = 180^\circ$. Tā kā ievilkta četrstūra pretējo leņķu summa ir 180° un blakusleņķu summa ir 180° , tad $\angle BRO = 180^\circ - \angle BPO = \angle APO$. Līdzīgi iegūst $\angle CRO = 180^\circ - \angle CSO = \angle ASO$. Tātad $\angle BRC = \angle BRO + \angle CRO = \angle APO + \angle ASO = 180^\circ$ kā ievilkta četrstūra pretējo leņķu summa.



3. att.

4. uzd. Pierādīsim, ka no jebkuriem pieciem naturāliem skaitļiem var izvēlēties trīs skaitļus tā, ka to summa dalās ar 3. Skaitli dalot ar 3, var iegūt atlikumu 0; 1 vai 2.

- Ja starp pieciem dotajiem skaitļiem ir trīs skaitļi, kas dod vienādu atlikumu, dalot ar 3, tad to summa dalās ar 3, jo $0+0+0 \equiv 0 \pmod{3}$; $1+1+1 \equiv 0 \pmod{3}$; $2+2+2 \equiv 0 \pmod{3}$.

- Ja nav trīs skaitļu, kas dod vienādu atlikumu, dalot ar 3, tad ir vismaz viens skaitlis no katra atlikuma veida. Šo trīs skaitļu summa dalās ar 3, jo $0+1+2 \equiv 0 \pmod{3}$.

Izmantojot iepriekš pierādīto, no sākotnējiem 17 skaitļiem varam izveidot piecas grupas pa trīs skaitļiem tā, lai tajās esošo skaitļu

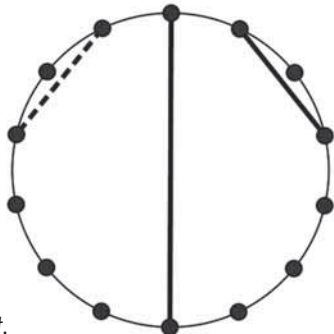
summa dalās ar 3. Apzīmējam $\{a_1, a_2, a_3\}$; $\{b_1, b_2, b_3\}$; $\{c_1, c_2, c_3\}$; $\{d_1, d_2, d_3\}$; $\{e_1, e_2, e_3\}$.

Skaitļus, kurus iegūst, katras grupas skaitļu summu dalot ar 3, apzīmējam attiecīgi ar A, B, C, D un E . No iepriekš pierādītā izriet, ka no šiem pieciem iegūtajiem skaitļiem var izvēlēties trīs tā, ka to summa dalās ar 3. Nezaudējot vispārīgumu, pieņemsim, ka $A+B+C$ dalās ar 3 jeb $A+B+C=3n$, kur n – naturāls skaitlis. Tā kā $A=(a_1+a_2+a_3)/3$; $B=(b_1+b_2+b_3)/3$; $C=(c_1+c_2+c_3)/3$, tad iegūstam $(a_1+a_2+a_3)/3+(b_1+b_2+b_3)/3+(c_1+c_2+c_3)/3=3n$.

Reizinot abas vienādfibas puses ar 3, iegūstam $a_1+a_2+a_3+b_1+b_2+b_3+c_1+c_2+c_3=9n$.

Tātad esam ieguvuši, ka $a_1+a_2+a_3+b_1+b_2+b_3+c_1+c_2+c_3$ dalās ar 9 un prasītais ir pierādīts.

5. uzd. a) Ja $N=14$, tad noteikti var uzvarēt spēlētājs A . Pirmajā gājienā spēlētājam A jānovelk diametrs. Pēc katra spēlētāja B gājiena spēlētājs A pārbauda, vai ir iespējams novilkt hordu tā, lai veidotos trijstūris. Ja tādu hordu var novilkt, tad spēlētājs A to novelk un līdz ar to uzvar. Ja tādu hordu nav iespējams novilkt, tad spēlētājs A velk hordu, kas ir simetriska spēlētāja B tikko novilkta hordai attiecībā pret pirmajā gājienā novilkto diametru (piemēram, skat. 4. att.). Kamēr spēlētājs B var novilkt hordu, arī spēlētājs A simetriski attiecībā pret novilkto diametru var novilkt hordu. Tā kā iespējas novilkt hordu ar katru gājieni samazinās, tad pienāks brīdis, kad B novilks hordu tā, ka spēlētājs A savā nākamajā gājienā varēs izveidot trijstūri un būs uzvarējis.

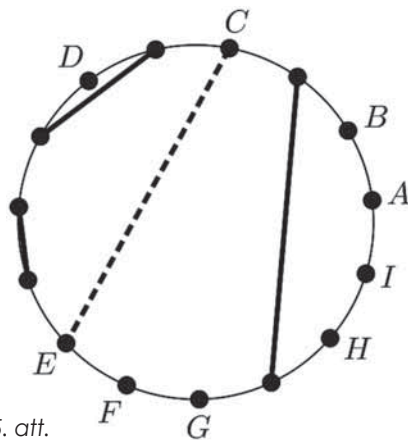


4. att.

b) Ja $N=15$, tad noteikti var uzvarēt spēlētājs B . Tā kā pēdējā gājienā tiek novilkta trijstūra trešā mala (to izdara uzvarētājs) un pirmspēdējā gājienā tiek novilkta trijstūra otrā mala (to izdara zaudētājs), tad, lai uzvarētu, spēlētāji visā spēles gaitā izvairās vilkt tās hordas, kurām kāda virsotne sakrīt ar jau novilkto hordu. Tāpēc varam analizēt šādu spēli: spēlētāji velk hordas tā, lai tās nekrustotos un lai neizmantotu ar novilkta hordām kopīgus galapunktus, tādā gadījumā uzvarētājs ir tas, kurš novelk pēdējo šādu hordu.

Neizmantotos punktus jau novilkta hordas sadala vairākās grupās – vienā grupā nonāk tie punkti, kurus joprojām var savienot ar hordu. Katrā gājienā spēlētājs var izvēlēties vienu no esošajām grupām un tajās esošos punktus ar hordu sadalīt divās grupās. Tās grupas, kurās ir 0 vai 1 punkts, atmetam, jo tās neiespaido turpmāko spēles gaitu.

Piemēram, pirms tiek novilkta horda CE (skat. 5. att.), brīvie punkti sadalās grupās $\{A, B, H, I\}$; $\{C, E, F, G\}$ (tā kā punkts D ir viens pats, tad to vienojamies atmet). Šo pozīciju, kad ir divas grupas, katrā pa 4 neizmantotiem punktiem, apzīmēsim $(4, 4)$. Tad, kad tiek novilkta horda CE , iegūstam grupas $\{A, B, H, I\}$ un $\{F, G\}$. Tātad tiek izdarīts gājieni no pozīcijas $(4, 4)$ uz pozīciju $(4, 2)$, apzīmēsim $(4, 4) \rightarrow (4, 2)$.



5. att.

Lai pierādītu, ka spēlētājs B noteikti var uzvarēt, aplūkosim visus iespējamus spēlētāja A gājienus no sākuma pozīcijas (15) un katram no šiem gājieniem atradīsim atbilstošu spēlētāja B gājienu, kas viņam nodrošinās uzvaru. Starp 15 punktiem spēlētājs A var novilkt hordu septiņos dažādos veidos, katrā no šiem gadījumiem spēlētājs B var turpināt šādi:

$$15 \rightarrow \begin{cases} (13) \rightarrow (8, 3) \\ (12) \rightarrow (5, 5) \\ (11, 2) \rightarrow (8, 2) \\ (10, 3) \rightarrow (8, 3) \\ (9, 4) \rightarrow (9) \\ (8, 5) \rightarrow (5, 5) \\ (7, 6) \rightarrow (7, 3) \end{cases}$$

Pamatosim, ka treknrakstā izceltās pozīcijas ir "uzvarošās", tas ir, ja šādā pozīcijā spēlētājs nonāk, tad viņš sev var nodrošināt uzvaru.

Ievērosim, ja pēc spēlētāja B gājiena ir pozīcija (m, m) , tad spēlētājs B var uzvarēt, turpmāk izdarot pretinieka gājieniem simetriskus gājienu otrā punktu grupā.

Spēlētājs A no pozīcijas $(8, 3)$ un no pozīcijas $(8, 2)$ hordu var novilkt piecos dažādos veidos, katrā no šiem gadījumiem spēlētājs B var turpināt šādi:

$$(8, 3) \rightarrow \begin{cases} (8) \rightarrow (3, 3) \\ (6, 3) \rightarrow (3, 3) \\ (5, 3) \rightarrow (3, 3) \\ (4, 2, 3) \rightarrow (2, 3) \\ (3, 3, 3) \rightarrow (3, 3) \end{cases}$$

$$(8, 2) \rightarrow \begin{cases} (8) \rightarrow (3, 3) \\ (6, 2) \rightarrow (2, 3) \\ (5, 2) \rightarrow (2, 3) \\ (4, 2, 2) \rightarrow (2, 2) \\ (3, 3, 2) \rightarrow (3, 3) \end{cases}$$

Pozīcija $(2, 3)$ ir uzvarošā spēlētājam B, jo no tās var izdarīt tieši divus gājienu.

Spēlētājs A no pozīcijas (9) un no pozīcijas $(7, 3)$ hordu var novilkt četros dažādos

veidos, katrā no šiem gadījumiem spēlētājs B var turpināt šādi:

$$(9) \rightarrow \begin{cases} (7) \rightarrow (2, 3) \\ (6) \rightarrow (2, 2) \\ (5, 2) \rightarrow (2, 2) \\ (4, 3) \rightarrow (2, 3) \end{cases}$$

$$(7, 3) \rightarrow \begin{cases} (7) \rightarrow (2, 3) \\ (6) \rightarrow (2, 2) \\ (5, 2) \rightarrow (2, 2) \\ (4, 3) \rightarrow (2, 3) \end{cases}$$

Līdz ar to esam ieguvuši uzvarošu stratēģiju spēlētājam B: katrā savā gājienā viņš novelk hordu tā, lai nonāktu "uzvarošajā" pozīcijā, kas izcelta treknrakstā. Visos gadījumos spēlētājs B nonāks pozīcijā $(2, 3)$ vai (m, m) un vēl pēc pāra skaita gājieniem būs tas, kas novelk pēdējo hordu, kurai ar jau novilktajām hordām nav kopīgu galapunktu.

12. klase

1. uzd. Ievērojam, ka funkcijas vērtībām $f(-1)$ un $f(1)$ ir dažādas zīmes:

- $f(-1) = a - b + c = b/3 - b = -2b/3$;
- $f(1) = a + b + c = b/3 + b = 4b/3$.

Tādā gadījumā skaidrs, ka šajā intervālā $[-1, 1]$ funkcijas grafikam ir jākrusto x ass.

2. uzd. Tā kā abas nevienādības puses ir pozitīvas, tad, kāpinot kvadrātā, iegūstam

$$x^2 + y^2 + 2 \cdot \sqrt{x^2 + y^2} \cdot (2 - \sqrt{2})\sqrt{xy} + (4 - 4\sqrt{2} + 2)xy \geq x^2 + 2xy + y^2;$$

$$2 \cdot \sqrt{x^2 + y^2} \cdot (2 - \sqrt{2})\sqrt{xy} \geq 4(\sqrt{2} - 1)xy.$$

Izdalot abas nevienādības puses ar $2\sqrt{xy} > 0$ un pēc tam kāpinot abas nevienādības puses kvadrātā (abas puses ir pozitīvas), pakāpeniski iegūstam

$$\sqrt{x^2 + y^2} \cdot (2 - \sqrt{2}) \geq 2(\sqrt{2} - 1)\sqrt{xy};$$

$$(x^2 + y^2)(6 - 4\sqrt{2}) \geq 4(3 - 2\sqrt{2})xy.$$

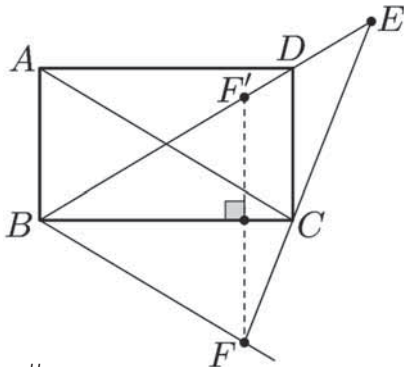
Izdalot abas nevienādības puses ar $(6 - 4\sqrt{2}) > 0$, iegūstam $x^2 + y^2 \geq 2xy$ jeb $(x-y)^2 \geq 0$.

Tā kā skaitļa kvadrāts ir nenegatīvs, tad pēdējā nevienādība ir patiesa. Tā kā tika veikti ekvivalenti pārveidojumi, tad arī dotā nevienādība ir patiesa visiem reāliem skaitļiem x .

3. uzd. No punkta F velkam perpendikulu pret taisni BC , šā perpendikula krustpunktu ar BD apzīmējam ar F' (skat. 6. att.). Ievērojam, ka $\angle CAD = \angle FBC$ kā leņķi, kuru malas atrodas uz paralēlām taisnēm, un $\angle CAD = \angle CBF'$ (taisnstūra īpašība), tātad $\angle FBC = \angle CBF'$ un trijstūris FBF' ir vienādsānu, no kā izriet, ka punkti F un F' ir simetriski attiecībā pret taisni BC .

Simetrijas dēļ $S(BFC) = S(BF'C)$ un $S(ABCD) = 2 \cdot S(BFC) + 2 \cdot S(CDF')$, līdz ar to pietiek pierādīt, ka $S(CDE) > S(CDF')$.

Apzīmējam $\angle F'CD = a$, tad simetrijas dēļ $\angle FCB = \angle BCF' = 90^\circ - a$ un $\angle ECD = 180^\circ - \angle FCB - \angle BCF' - \angle F'CD = 180^\circ - 2 \cdot (90^\circ - a) - a = a$. Līdz ar to $S(CDE) = 1/2 \cdot CE \cdot CD \cdot \sin a$ un $S(CDF') = 1/2 \cdot CF' \cdot CD \cdot \sin a$, tātad atliek pamatot, ka $CE > CF'$ jeb $CE > CF$. Tā kā $BE > BF' = BF$ un nogrieznis BC ir trijstūra EBF bisektrise, tad no bisektrises īpašības izriet, ka $CE > CF$.



6. att.

4. uzd. Mazākā k vērtība ir 3. Ievērojam, ka $k=2$ neder, jo, piemēram, izvēloties skaitus skaitļus 2 un 9 (dalītāju summa ir attiecīgi $1+2=3$ un $1+3+9=13$), to reizinājums $2 \cdot 9 = 18$ nav naturāla skaitļa kvadrāts.

Pierādīsim, ka ar $k=3$ pietiek. Jebkuru naturālu skaitli n var izteikt formā $n = 2^u \cdot v$, kur v ir nepāra skaitlis. Skaidrs, ja n ir skaists, tad arī v ir skaists, jo visi n nepāra dalītāji ir visi v dalītāji, bet pāra dalītāji nemaina dalītāju summas paritāti. Visi v dalītāji ir nepāra skaitļi, sadalām tos pāros tā, ka vienā pāri ietilpst v dalītāji, kuru reizinājums ir v . Iespējami divi gadījumi.

- Ja v nav naturāla skaitļa kvadrāts, tad visus dalītājus šādi var sadalīt pāros, tātad to summa ir pāra skaitlis, tātad v šādā gadījumā nav skaists.
- Ja v ir naturāla skaitļa kvadrāts, tas ir, $v = k^2$, tad visi dalītāji, izņemot k , sadalās pāros. Tātad šādā gadījumā dalītāju skaits ir nepāra skaitlis un to summa arī ir nepāra, tātad v ir skaists.

No tā secinām, ka n ir skaists, ja v ir kvadrāts.

Ja doti trīs skaisti skaitļi $n_1 = 2^{x_1} \cdot v_1$, $n_2 = 2^{y_1} \cdot v_2$ un $n_3 = 2^{z_1} \cdot v_3$, tad divi no skaitļiem x , y , z būs ar vienu paritāti, ja sareizina attiecīgos skaistos skaitļus (pieņemsim, ka tie ir n_1 un n_2), tad redzams, ka reizinājums $n_1 \cdot n_2 = 2^{x+y} \cdot v_1 v_2$ ir naturāla skaitļa kvadrāts.

5. uzd. Sanumurējam deputātus ar numuriem 1, 2, 3, ..., n . Ar $k(d)$ apzīmējam visu komisiju skaitu, kurās strādā deputāts d . No dotā izriet, ka deputāts d par darbu komisijās mēnesī saņem

$$10 \cdot (0 + 1 + 2 + \dots + k(d) - 1) = 10 \cdot \frac{k(d)(k(d) - 1)}{2} = 10 \cdot C_{k(d)}^2 \text{ eiro.}$$

Līdz ar to visi deputāti kopā par darbu komisijās mēnesī saņem

$$10 \cdot (C_{k(1)}^2 + C_{k(2)}^2 + \dots + C_{k(n)}^2) \text{ eiro.}$$

Saskaifsim, cik ir tādu pāru $\{A; B\}$, ka A un B ir dažādas komisijas:

- Tā kā pavisam ir 100 komisijas, tad dažādo komisiju pāru skaits ir

$$C_{100}^2 = \frac{100 \cdot 99}{2 \cdot 1} = 4950.$$

- Katram šādam pārim atbilst tieši viens deputāts d , kas strādā gan A , gan B , tā-

tad visus komisiju pārus var sadalīt n grupās tā, ka katram komisiju pārim $\{A; B\}$ no d -tās grupas, $d=1,2,\dots, n$, ir kopīgs deputāts. Tādā gadījumā d -tajā grupā ir tieši $C_{k(d)}^2$ komisiju pāri (jo no deputāta d apmeklētajām komisijām var izveidot $C_{k(d)}^2$ komisiju pārus). Tā kā katrs komisiju pāris $\{A; B\}$ pieder tieši vienai no šīm n grupām, tad no summas likuma izriet, ka pāru $\{A; B\}$ skaits ir $C_{k(1)}^2 + C_{k(2)}^2 + \dots + C_{k(n)}^2$.
 Vienu un to pašu lielumu esam saskaitījuši

divos dažādos veidos, tātad abos gadījumos iegūtie skaitļi ir vienādi:

$$C_{k(1)}^2 + C_{k(2)}^2 + \dots + C_{k(n)}^2 = 4950.$$

Līdz ar to esam ieguvuši, ka visi parlamenta deputāti kopā par darbu komisijās mēnesī saņem $10 \cdot C_{k(1)}^2 + C_{k(2)}^2 + \dots + C_{k(n)}^2 = 49500$ eiro.

Tabulās norādīta informācija par to, cik skolēnu ir ieguvuši attiecīgo punktu skaitu katrā uzdevumā; "n" nozīmē, ka uzdevums nav risināts. Ailē "vidēji" norādīts vidējais iegūto punktu skaits par uzdevumu.

| 9. klase (68 dalībnieki) | | | | | |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1. uzd. | 2. uzd. | 3. uzd. | 4. uzd. | 5. uzd. |
| n | 3 | 6 | 0 | 4 | 5 |
| 0 | 7 | 11 | 13 | 15 | 32 |
| 1 | 6 | 4 | 29 | 16 | 7 |
| 2 | 1 | 7 | 10 | 2 | 4 |
| 3 | 8 | 7 | 6 | 8 | 1 |
| 4 | 0 | 0 | 2 | 2 | 3 |
| 5 | 1 | 5 | 1 | 1 | 1 |
| 6 | 0 | 2 | 2 | 0 | 3 |
| 7 | 9 | 2 | 0 | 0 | 1 |
| 8 | 1 | 2 | 0 | 0 | 5 |
| 9 | 3 | 3 | 2 | 0 | 3 |
| 10 | 29 | 19 | 3 | 20 | 3 |
| Vidēji | 6,5 | 5,2 | 2,1 | 4,0 | 2,5 |

| 10. klase (93 dalībnieki) | | | | | |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1. uzd. | 2. uzd. | 3. uzd. | 4. uzd. | 5. uzd. |
| n | 1 | 3 | 1 | 2 | 5 |
| 0 | 29 | 18 | 35 | 26 | 62 |
| 1 | 13 | 2 | 32 | 7 | 6 |
| 2 | 4 | 1 | 18 | 17 | 2 |
| 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 4 | 60 | 2 | 23 | 0 |
| 5 | 4 | 5 | 0 | 13 | 0 |
| 6 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 7 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 8 | 5 | 2 | 0 | 2 | 2 |
| 9 | 11 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 10 | 14 | 2 | 5 | 3 | 9 |
| Vidēji | 4,2 | 3,4 | 1,4 | 2,7 | 1,9 |

| 11. klase (65 dalībnieki) | | | | | |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1. uzd. | 2. uzd. | 3. uzd. | 4. uzd. | 5. uzd. |
| n | 2 | 4 | 6 | 14 | 3 |
| 0 | 5 | 37 | 20 | 33 | 31 |
| 1 | 16 | 11 | 17 | 15 | 4 |
| 2 | 5 | 3 | 1 | 2 | 1 |
| 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 23 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 7 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 9 | 4 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 10 | 26 | 5 | 17 | 0 | 0 |
| Vidēji | 5,8 | 1,6 | 3,7 | 0,4 | 2,2 |

| 12. klase (56 dalībnieki) | | | | | |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1. uzd. | 2. uzd. | 3. uzd. | 4. uzd. | 5. uzd. |
| n | 5 | 2 | 6 | 16 | 8 |
| 0 | 27 | 8 | 5 | 14 | 25 |
| 1 | 4 | 15 | 6 | 6 | 0 |
| 2 | 1 | 6 | 8 | 3 | 5 |
| 3 | 2 | 5 | 0 | 4 | 1 |
| 4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| 5 | 0 | 1 | 2 | 3 | 2 |
| 6 | 2 | 1 | 1 | 0 | 3 |
| 7 | 3 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| 8 | 0 | 0 | 8 | 3 | 1 |
| 9 | 0 | 0 | 4 | 1 | 1 |
| 10 | 12 | 18 | 13 | 5 | 5 |
| Vidēji | 3,2 | 4,3 | 5,7 | 3,2 | 2,8 |

Atsauces

1. <http://nms.lu.lv/uzdevumu-arhivs/latvijas-olimpiades/> D



Nesējraķete PSLV-C38 dodas ceļā, lai kopā ar citiem pavadoņiem kosmosā nogādātu arī «Venta-1».

HRONIKA

RAIĪS MISA

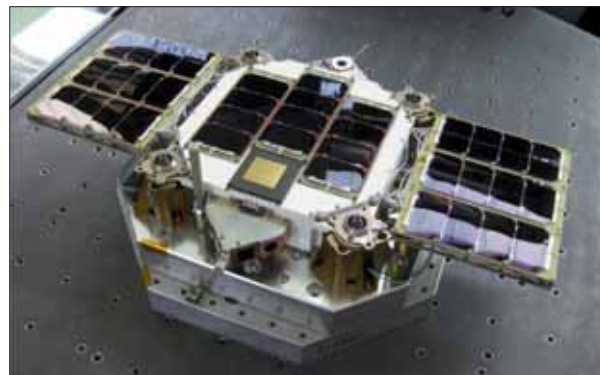
ZEMES ORBĪTĀ VEIKSMĪGI NOGĀDĀTS LATVIJAS PIRMAIS ZEMES MĀKSLĪGAIS PAVADONIS «VENTA-1»

Indijas Kosmosa pētniecības organizācijas *ISRO* (Indian Space Research Organisation) nesējraķetes PSLV-XL (lidojums PSLV-C38, Polar Satellite Launch Vehicle) starts 23. jūnija rītā no Satīša Dhavana kosmosa centra notika pēc plāna un bez kļūmēm, nogādājot Zemes orbītā Ventspils Augstskolas (VeA) izstrādāto pavadoni «Venta-1» (sk. vāku 1. lpp.).

Raķetes starts notika plkst. 3:59 UTC jeb plkst. 6:59 pēc Latvijas laika. No nesējraķetes «Venta-1» atdalījās 22 minūtes pēc raķetes starta – plkst. 7:21 pēc Latvijas laika. Interesanti, ka PSLV-C38 galvenais "pasažieris" bija 712 kg smagais Indijas Zemes tālzpētes pavadonis Cartosat-2E. «Venta-1» bija viens no 30 mazajiem pavadoņiem, kas kosmosā nogādāti kā komerckrava.

«Venta-1», kas veidots, sadarbojoties VeA un Brēmenes Lietišķo zinātņu universitātei, ievadīts aptuveni 500 km augstā apļveida solārsinhronā orbītā (polāra ZMP orbīta, kurā tas ikvienu vietu uz Zemes pārlido vienā un tajā

pašā vietējā laikā, piemēram, plkst. 12:00) ar slīpumu 98 grādi un aprīņkošanas periodu 94 minūtes. Pavadoņa raidīto signālu bāzes stacijā uz zemes VeA labi varēs uztvert tikai divas līdz trīs reizes dienā, aptuveni 10 minūtes.



Vibrācijas testos 2016. gadā. «Venta-1» masa ir apmēram 5 kg, izmēri aptuveni 700x400x130 mm.

Avots: <http://venta.lv/venta-1/>

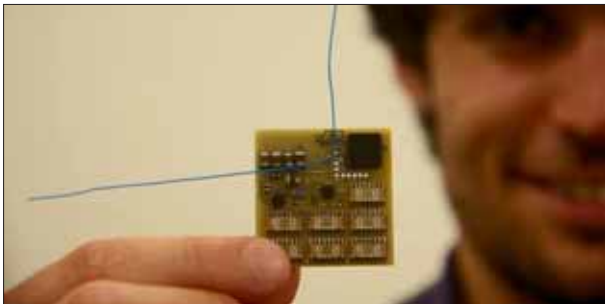
Jāpiebilst, ka «Venta-1» tehniski bija gatavs startam jau pirms gada – to bija plānots nogādāt Zemes orbītā ar *ISRO* nesējraķeti *PSLV-C34*. Tomēr *ISRO* inženieru kļūdas dēļ tas bija neveiksmīgi novietots nesējraķetē, un aprēķini liecināja, ka risks sadurties ar kādu citu pavadoņi ir pārāk liels, tādēļ Latvijas pavadoņa starts ar *PSLV-C34* nenotika.

Galvenie eksperimenti, ko plānots veikt ar «Venta-1», ir kuģu satiksmes Automātiskās identifikācijas sistēmas (AIS) datu uztveršana ar pavadoņa palīdzību un to pārraide uz zemes staciju VeA. Ar šādu pavadoņu tehnoloģiju palīdzību iespējams sekot kuģu maršrutiem daudz plašākā teritorijā, nekā to iespējams izdarīt ar tradicionālām AIS sistēmām, kas izvietotas gar krasta līniju un darbojas 20-40 kilometru rādiusā.

Sazinājos ar «Venta-1» projekta koordinatoru Aigaru Krauzi, lai noskaidrotu, kāds ir pavadoņa stāvoklis un vai ir izdevies no tā saņemt datus. Aigars Krauze pastāstīja, ka signāls no «Venta-1» tiešām ir uztverts vairākas reizes, turklāt gan Latvijā, gan arī Igaunijā. Interesanti, ka «Venta-1» bija pirmais no 30 mazajiem pavadoņiem, kura veiksmīga nonākšana orbītā apstiprinājās. Izrādās, «Venta-1» aprīkots ar *Orbcomm* pavadoņu sakaru sistēmas modemiem (tie spēj izmantot arī *Iridium* sistēmas pavadoņus), kas ļauj ar orbītā esošiem pavadoņiem sazināties arī tad, ja tas nav iespējams no bāzes stacijas uz Zemes. Tieši izmantojot *Orbcomm* sakaru kanālu, jau uz vietas raķetes vadības centrā Indijā, Aigaram Krauzem klātesot, saņēma pirmā «Venta-1» raidītā telemetrijas datu paketi, kas liecināja, ka pavadoņs darbojas.

Diemžēl juridisku un tehnisku nianšu dēļ *Orbcomm* izmantošana iespējama tikai svarīgos momentos, piemēram, veiksmīga starta apstiprināšanai. Ikdienas darbā tiks izmantota bāzes stacija VeA.

Cits interesants fakts ir, ka «Venta-1» kosmosā nedevās viens. Tam bija pašam savi pasažieri – četri pasaulē mazākie pavadoņi *KickSat*. *KickSat* ir Hārvarda universitātes



KickSat, kas devās kosmosā kā «Venta-1» pasažieris.

(ASV) pētnieka Zaka Mančestera (*Zac Manchester*) iniciatīva, kuras rezultātā ir radīts pavadoņs sērkokciņu kastītes lielumā. Tā izmēri ir 3,2×3,2 cm un svars 5 grami. *KickSat* kosmosā nokļuva, piestiprināti «Venta-1». To enerģijas avots ir tikai saules baterija, un to mērķis ir pierādīt, ka arī tāda izmēra pavadoņs var izdzīvot kosmosā un raidīt informāciju uz Zemi. Jau orbītā esot, trīs *KickSat* atdalījās no «Venta-1», bet viens, tam piestiprināts, tur arī paliks.



Nesējraķete *PSLV-C38* uz starta platformas ar «Venta-1» uz borta.

«Venta-1» palaišanas un raķetes *PSLV-C38* attēli: <http://www.isro.gov.in/pslv-c38-cartosat-2-series-satellite/pslv-c38-cartosat-2-series-satellite-gallery> D

CERN ZINĀTNES NEDĒĻA LATVIJĀ

Rīgas Tehniskā universitāte (RTU) kopā ar Eiropas Kodolpētījumu centru CERN (*franc. Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*) un Izglītības un zinātnes ministriju no 22. līdz 26. maijam RTU Arhitektūras fakultātē rīkoja vērienīgu pasākumu – CERN nedēļu Latvijā. Šajā nedēļā Rīgā ieradās CERN amatpersonas un zinātnieki, kuri tikās ar RTU vadību, izglītības un zinātnes ministru, ārlietu ministru, kā arī Saeimas deputātiem, apspriežot potenciālo Latvijas dalību CERN.

CERN nedēļas pasākumi veltīti ne tikai zinātniekiem un studentiem, bet plašam interesentu lokam — skolēniem, pedagogiem, zinātnes entuziastiem un būfībā ikvienam Latvijas iedzīvotājam. CERN zinātnieki lasīja populārzinātniskas lekcijas par CERN darbību un pētījumiem, un visas nedēļas garumā bija unikāla iespēja interaktīvā izstādē apskatīt Lielā hadronu paātrinātāja tuneli, kurā tika atklāts Higgsa bozons, un izziņāt šā tuneļa darbības pamatprincipus. Savukārt Latvijas uzņēmēji apaļā galda diskusijā kopā ar CERN amatpersonām apsprieda potenciālo industrijas un CERN sadarbību.

CERN nedēļa Latvijā sākās pirmdien, 22. maijā, plkst. 15 RTU Arhitektūras fakultātē, Ķīpsalas ielā 6, atklājot CERN interaktīvo izstādi, kurā tika piedāvāta ne tikai informācija par šo Eiropas elementārdaļiņu fizikas pētniecības citadeli, bet arī interaktīvais Lielā hadronu paātrinātāja tunelis. Lielais hadronu paātrinātājs ir 27 kilometrus gara ieīce, kas uzbūvēta pazemē zem Šveices un Francijas robežas, un tajā pirms pieciem gadiem zinātniekiem izdevās eksperimentāli pierādīt Higgsa bozona eksistenci, kas līdz tam bija tikai teoretisks pieņēmums.

23. maijā CERN delegācija tikās ar ārlietu ministru Edgaru Rinkēviču, bet pēc tam Saeimā – ar parlamenta deputātiem, jo līdztekus izglītojošajam vēstījumam par jaunākajiem zinātnes sasniegumiem CERN nedēļas mērķis – veidot savstarpējus kontaktus, lai Latvija tuvāko gadu laikā kļūtu vispirms par asociēto un pēc tam – par pilntiesīgu CERN dalībvalsti. RTU un tās pārstāvis CERN profesors Toms Torīms uz šo mērķi Latviju virza jau kopš 2012. gada, kad RTU parakstīja sadarbības līgumu ar CERN.



Izstādes apmeklētāji varēja uzspēlēt t.s. protonu futbolu un, to darot, novērot, kā Higgsa daļiņas piešķir matērijai masu.

RTU attēli

Pagājušā gada 31. oktobrī izglītības un zinātnes ministrs Kārlis Šadurskis parakstīja Latvijas valdības un *CERN* zinātniskās un tehniskās sadarbības līgumu*, taču nākamais solis būtu

* Sk. Paraksts Latvijas zinātnes attīstībai nozīmīgs līgums ar *CERN*. – *ZvD*, 2016/17, Ziema (234), 48. lpp. <https://www.lu.lv/zvd/2016/ziema/paraksts-latvijas-zinatnes-attistibai-nozimigs-ligums-ar-cern/>

– izpildīt nepieciešamās prasības, lai Latvija kļūtu par *CERN* dalībvalsti. T. Torims uzsver, ka tas pavērtu iespējas ne tikai Latvijas zinātniekiem, bet arī uzņēmējiem, kuri varētu piedāvāt savus pakalpojumus *CERN*.

Par Latvijas industriju un *CERN* potenciālo sadarbību tika spriests 24. maijā uzņēmēju un *CERN* pārstāvju apaļā galda diskusijā. D

KALVIS SALMIŅŠ

LATVIJAS UN IGAUNIJAS PRAKTIKANTI LU ASTRONOMIJAS INSTITŪTĀ

2017. gada vasarā Igaunijas-Latvijas pārrobežu sadarbības projekta (*EST-LAT INTERREG*) ietvaros Latvijas Universitātes Astronomijas institūtā strādāja četri studenti praktikanti no Latvijas un Igaunijas – Anna Laima Dalbiņa, Anni Kasikova, Viktorija Leimane un Rūdolfs Treilis. Studenti piedalījās LU AI Astrofizikas observatorijā un Fundamentālās ģeodinamikās observatorijas veicamajos darbos. Baldones Astrofizikas observatorijā studenti apguva ar Šmidta teleskopu iegūto spektrālo un fotometrisko mērījumu apstrādi, iepazinās ar arhīva fotoplašu digitizācijas metodiku un apstrādi ar *MIDAS/ROMAFOT* programmatūru. Izmantojot ar objektīva prizmu iegūtus attēlus, tika noteikta oglekļa zvaigžņu efektīvā temperatūra un attālums.

LU Astronomijas institūta lāzerlokācijas stacijā Rīgā praktikanti ar *Raspberry Pi* mikrodatu izveidoja temperatūras mērīšanas sistēmu fotoelektronu daudzkārstotāja modulim un lāzera telpai. Sistēma tika ieintegrēta lāzerteleskopa sensoru tīklā. Otrs darbs bija atmosfēras spiediena mērītāju kalibrēšana ar etalona metroloģisko barometru *Druck DPI 141*, lai pārbaudītu observatorijas meteostācijas barometra precizitāti. Jāpiezīmē, ka precīzi atmosfēras spiediena mērījumi ir būtiski precīzu koordinātu noteikšanai uz



Anni Kasikova no Tartu universitātes veic ar lādiņsaites matricu iegūta oglekļa zvaigznes spektra apstrādi Baldones Riekstukalnā.

Foto: Viktorija Leimane

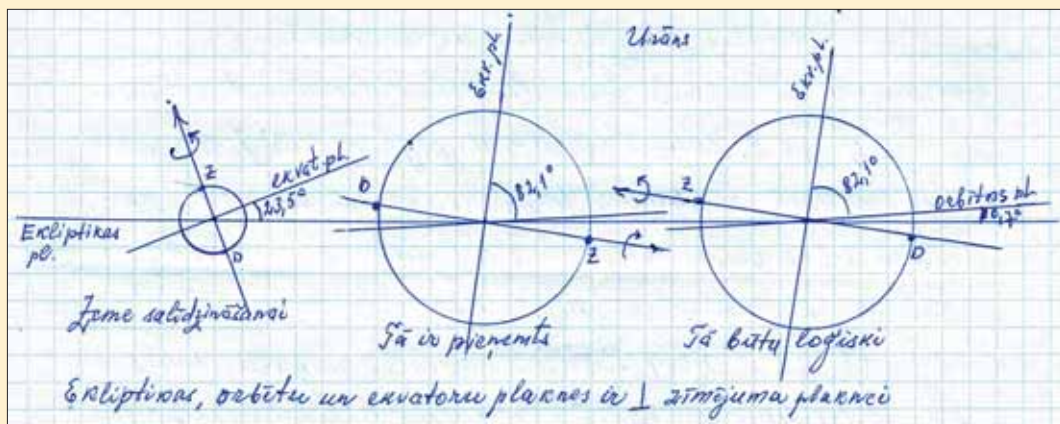
Zemes ar globālās navigācijas pavadoņu sistēmām (*GPS, Galileo, Glonass, BeiDou*) un pavadoņu lāzermērījumiem. Lāzermērījumi tiek veikti skaidrā laikā, kad atmosfēras spiediens ir augstāks, bet radio diapazonā mērījumi nepārtraukti. Atmosfēras spiediena dēļ uz Zemes garozu starpība starp koordinātu augstuma komponentēm, kuras noteiktas ar abām metodēm, sasniedz 2 mm. Šo novēroto efektu kosmiskajā ģeodēzijā sauc par “*Blue-Sky effect*” – skaidras debess efektu. D

JAUTĀ LASĪTĀJS

Godātie profesionāļi astronomijā!

Man kā interesantā žurnāla sistemātiskam lasītājam ir piebildes.

- 1) "ZvD" 2014 Vasara – attiecīgā raksta 1. att. paskaidrojumā ir kļūda: Jo nav lielākais Jupitēra pavadonis, bet tikai trešais pēc lieluma. Interesantākais gan ar saviem sēra vulkāniem.
- 2) "ZvD" 2017 Pavasaris – kāda raksta 1. att. paskaidrojums var radīt pārpratumu, piemēram, skolēniem vai mazāk ziņošiem lasītājiem. It kā pavadonis Cobe būtu attēlu uzņēmis, lidojot ārpus mūsu Galaktikas! Īstenībā: pēc debess apskata kartes, kas zīmēta Galaktikas koordinātu sistēmā un iegūta ar pavadoni Cobe spektra infrasarkanajā diapazonā, var secināt, ka Piena Ceļa galaktika, uzņemta no dažu miljonu gaismas gadu liela attāluma, izskatītos šāda, ja skata līnija būtu Galaktikas ekvatora plaknē.
- 3) Tas būtu jautājums. Atbildi vēlētos lasīt kādā "ZvD" laidienā. Par planētu ziemeļu poliem, izņemot Urānu (un Venēru?) apzīmēti tie, no kuriem, skatoties uz planētu, tās rotācija notiek pulksteņa rādītāju kustībai pretējā virzienā. Kāpēc Urānam pieņemts pretējs rotācijas virziens? Ja mainītu polu nosaukumus, Urāna rotācija nebūtu pretēja, tikai rotācijas ass leņķis pret ekliptikas plakni tāpat būtu ļoti mazs. Tomēr Urāns labāk iekļautos lielo planētu saimē. (Sk. zīmējumu)



Ar cieņu – E. Auziņš

Redakcijas kolēģijas locekļu atbildes uz lasītāja piebildēm

- 1) Jums taisnība, attēla parakstā un zīmējumā (2014. g. vasara, 3. lpp.) ir rupja kļūda: pavadonis Jo ne tikai nav lielākais, bet arī zīmējumā, kur sarkanā bultā norāda uz tiešām lielāko



Jupitera pavadoņi Ganimēdu, uzrādīts kā Jo. Pavadoņi Jo šai četru Galileja mēnešu montāžā pie Jupitera lielā Sarkanā plankuma ir pats augšējais, tad zemāk Europa, Ganimēds un Kallisto.

2) Arī te lasītājam taisnība: Piena Ceļa galaktikas attēls (ZvD 2017. g. pavasara numura 3. lpp.) ir nevis uzņemts ar pavadoņi COBE, bet veidots pēc COBE iegūtajiem datiem.

Pateicamies vērtīgajam lasītājam par aizrādījumiem un atvainojamies lasītājiem par pieļautajām kļūdām un neprecizitātēm! Skaidrojumiem (bet ne attaisnojumiem) var piebilst tikai to, ka autori, kas pašlaik publicējas ZvD, nav astronomi, un tas redakcijas kolēģijai uzliek pienākumu uzmanīgāk izskatīt iesūtītos materiālus.

Sastādītāja

3) Kāpēc Urānam pieņemts pretējs rotācijas virziens?

Saules sistēma izveidojās no rotējoša gāzu un putekļu mākoņa, un lielākā daļa objektu riņķo ap Sauli un griežas ap asi vienā un tajā pašā virzienā, kuru pieņem par noteicošo (pretēji pulksteņa rādītāju kustības virzienam, ja novērotājs atrodas ekliptikas ziemeļpolā).

Urāna un Venēras rotācija notiek pretējā virzienā, tāpēc nav pamata veikt kādas izmaiņas, lai Urāna un Venēras griešanās virzienu pielīdzinātu pārējo planētu rotācijas virzienam.

Ilgonis Vilks

“ZVAIGŽNOTO DEBESI” var abonēt:

- ▶ **Latvijas Pasta nodaļās**, žurnāla indekss 2214, pa tālruni 67 008 001 vai internetā www.pasts.lv
- ▶ Izdevniecībā “**Mācību grāmata**” Rīgā, Klijānu ielā 2d-414 – skaidrā naudā vai, pieprasot rēķinu, pa tālr. 67 325 322 vai e-pastu macibu.gramata@apollo.lv

Abonēšanas cena 2018. gadam 9.- € (Rudens laidiena pielikumā – *Astronomiskais kalendārs 2019*), vienam numuram – 2.25 €.

Kur Rīgā var iegādāties „ZVAIGŽNOTO DEBESI”?

- ▶ Izdevniecībā “**Mācību grāmata**” Klijānu ielā 2d-414
- ▶ Izdevniecības *LU Akadēmiskais apgāds* tirdzniecības vietā **Raiņa bulvārī 19** I stāvā (blakus garderobei)
- ▶ Izdevniecības *Zinātne* grāmatnīcā **Zinātņu akadēmijas Augstceltnē**
- ▶ Grāmatu namā *Valters un Rapa* **Aspazijas bulvārī 24**
- ▶ *Jāņa Rozes* grāmatnīcā **Krišjāņa Barona ielā 5**
- ▶ Karšu veikalā *Jāņa sēta* **Elizabetes ielā 83/85**
- ▶ *Rēriha* grāmatu veikalā **A.Čaka ielā 50** u.c.

Prasiet arī novadu grāmatnīcās!

Visērtāk un lētāk – abonēt. Uzziņas 67 325 322

DEBESS SPĪDEKĻI 2017. GADA RUDENĪ

Šogad rudens ekvinokcijas brīdis būs **22. septembrī** plkst. **23^h02^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.

Savukārt ziemas saulgrieži 2017. g. būs **21. decembrī** plkst. **18^h28^m**. Saule ieies Mežāža zodiaka zīmē (♐), beigsies astronomiskais rudens un sāksies astronomiskā ziema.

Pāreja no vasaras laika **uz joslas laiku** notiks naktī no 28. uz 29. oktobri.

Rudenos 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. Oglmelnajās debesīs tad ir redzami praktiski 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 Pegaža un Andromedas kvadrāts. Tāpēc tieši šos zvaigznājus var uzskatīt par raksturīgākajiem rudens zvaigznājiem, lai arī tajos nav spožāku zvaigžņu par +2^m 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 – Pegaža zvaigznājā.

Rudens otrajā pusē pēc pusnakts labi redzami kļūst skaistie ziemas zvaigznāji – Orions, Vērsis, Dvīņi, Vedējs, Lielais Suns, Mazais Suns. Saules šķietamais ceļš 2017. gada rudenī kopā ar planētām parādīs *1. attēlā*.

PLANĒTAS

9. oktobrī **Merkurs** nonāks augšējā konjunkcijā ar Sauli (aiz tās). Tāpēc rudens sākumā un oktobrī tas nebūs redzams.

23. novembrī Merkurs nonāks maksimālajā austrumu elongācijā (22°). Tomēr tā novērošana novembra otrās puses vakaros tik un tā praktiski nebūs iespējama – Merkurs rietīs drīz pēc Saules rieta. Savukārt 13. decembrī tas nonāks apakšējā konjunkcijā ar Sauli (starp Zemi un to). Tāpēc arī decembrī līdz pat rudens beigām Merkurs nebūs redzams.

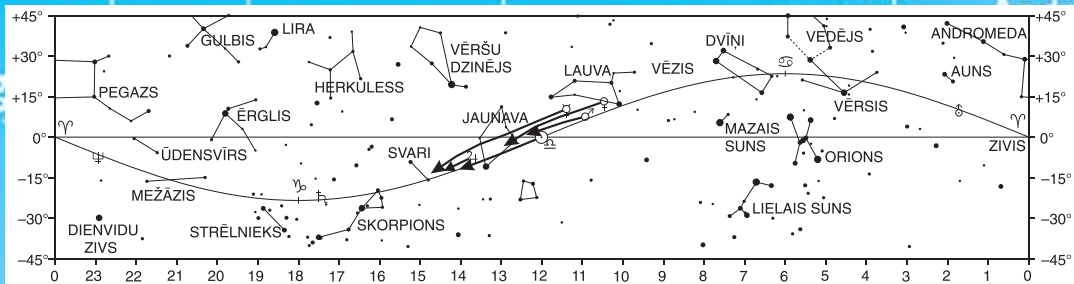
20. oktobrī plkst. 14^h Mēness paies garām 4° uz augšu, 20. novembrī plkst. 12^h 6° uz augšu un 17. decembrī plkst. 11^h 1° uz augšu no Merkura.

Rudens sākumā un oktobra pirmajā pusē **Venēra** vēl būs diezgan labi novērojama rītos vairāk nekā divas stundas pirms Saules lēkta. Tās spožums šajā laikā būs –3^m,9.

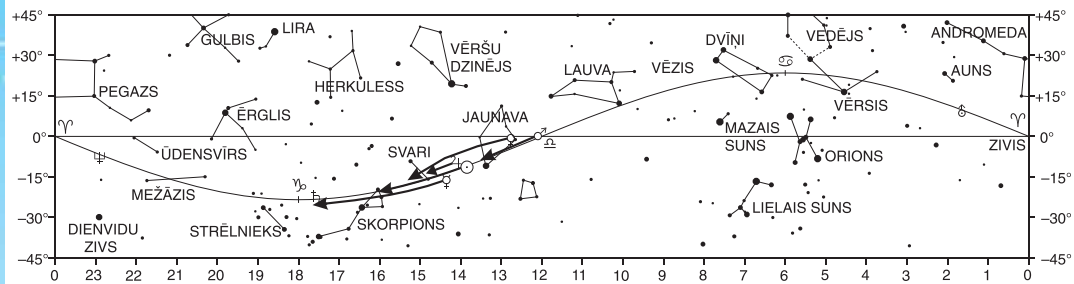
Tās redzamība visu laiku pasliktināsies. To vēl varēs nedaudz novērot rītos apmēram līdz novembra vidum. Pēc tam tā praktiski vairs nebūs redzama.

18. oktobrī plkst. 4^h Mēness paies garām 1° uz augšu, 17. novembrī plkst. 10^h 3° uz augšu un 17. decembrī plkst. 20^h 3° uz augšu no Venēras.

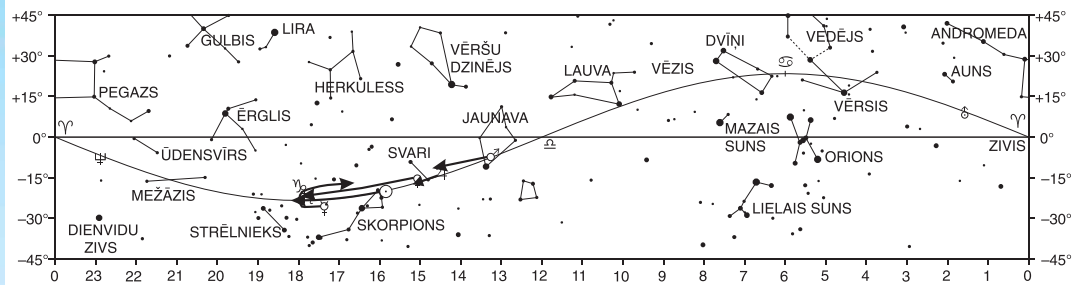
Rudens sākumā un līdz 13. oktobrim **Marss** atradīsies Lauvas zvaigznājā. Šajā laikā un visu oktobri tas būs novērojams rītos ļoti zemu



23.09.2017. – 23.10.2017.



23.10.2017. – 22.11.2017.



22.11.2017. – 22.12.2017.

1. att. Eklīptika un planētas 2017. gada rudenī.

pie horizonta austrumu pusē. Tā spožums oktobra sākumā būs $+1^m,8$.

Oktobra lielāko daļu, visu novembrī un līdz pat rudens beigām Marss atradīsies Jaunavas zvaigznājā.

Novembrī un decembrī tas būs redzams jau vairākas stundas pirms Saules lēkta, dienvidaustrumu pusē. Redzamais spožums gan līdz rudens beigām pieaugs maz – $+1^m,6$.

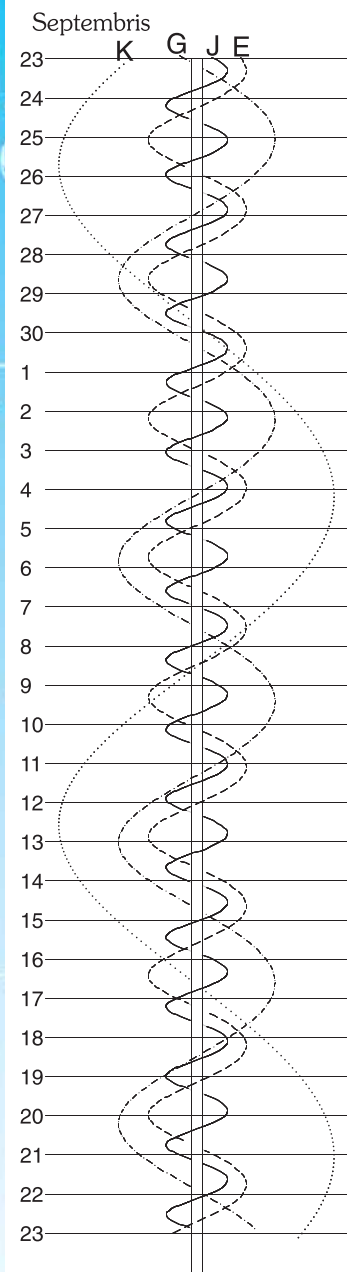
17. oktobrī plkst. 14^h Mēness paies garām 1° uz augšu, 15. novembrī plkst. 5^h 2° uz aug-

šu un 13. decembrī plkst. 21^h 3° uz augšu no Marsa.

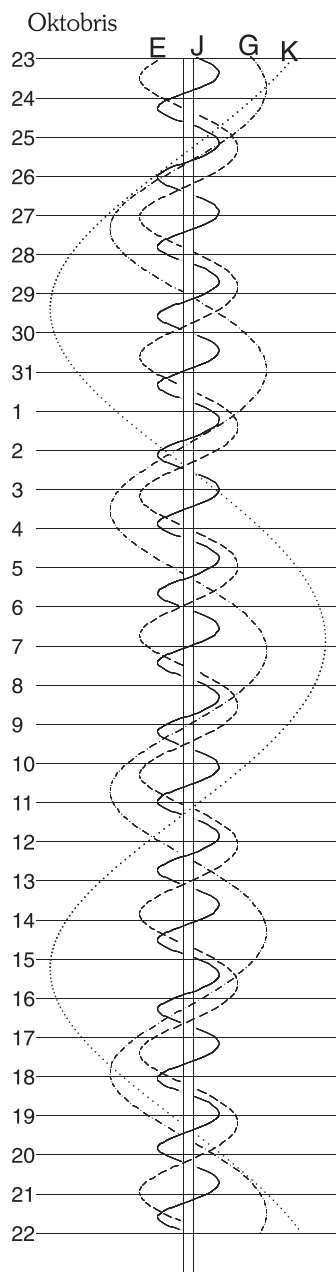
26. oktobrī **Jupiters** būs konjunkcijā ar Sauli, un tāpēc tas nebūs redzams rudens sākumā, oktobrī un novembra pirmajā pusē.

Apmēram ap novembra vidu tas kļūs novērojams rītos, īsu brīdi pirms Saules lēkta kā $-1^m,7$ spožuma spīdekļi.

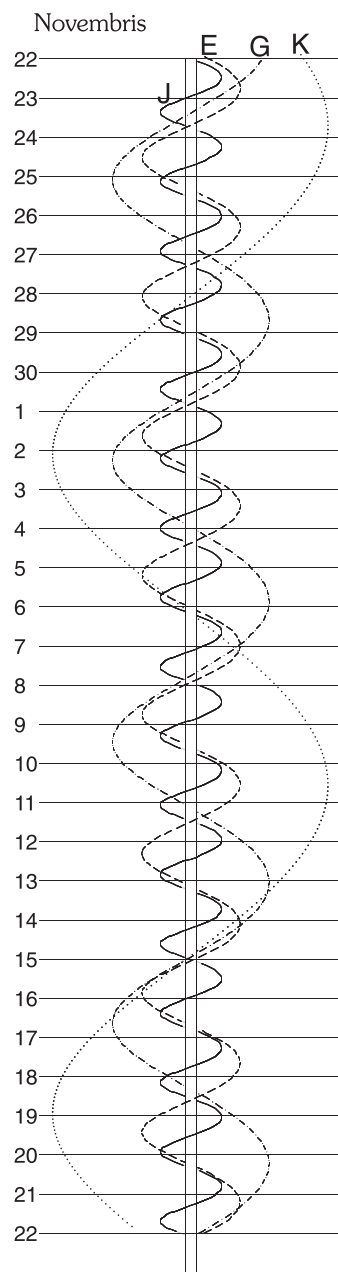
Jupitera novērošana visu laiku uzlabosies. Decembrī tā redzamības intervāls no rītiem



Oktobris



Novembris



Decembris

2. att. Jupitera spožāko pavadoņu redzamība 2017. gada rudenī. Jo (J), Eiropa (E), Ganimēds (G), Kallisto (K). Austrumi attēlā atrodas *pa labi*, rietumi – *pa kreisi*.

jau būs vairākas stundas. Tā redzamais spožums rudens beigās būs $-1^m,8$ un leņķiskais diametrs $32''$.

Līdz novembra vidum Jupiters atradīsies Jaunavas zvaigznājā. Pēc tam – Svaru zvaigznājā.

Jupitera spožāko pavadoņu redzamība 2017. g. rudenī parādīta 2. attēlā.

20. oktobrī plkst. 8^h Mēness paies garām 3° uz augšu, 17. novembrī plkst. 2^h 3° uz augšu un 14. decembrī plkst. 18^h 3° uz augšu no Jupitera.

Pašā rudens sākumā un oktobrī **Saturns** vēl būs nedaudz novērojams īsu brīdi pēc Saules rieta zemu pie horizonta dienvidrietumu pusē. Sākot ar novembri, tas praktiski nebūs novērojams, jo rietēs drīz pēc Saules. Ap ziemas saulgriežiem Saturns būs konjūkcijā ar Sauli. Tāpēc arī decembrī tas nebūs redzams.

Līdz 18. novembrim Saturns atradīsies Čūsneša zvaigznājā. Pēc tam – Strēlnieka zvaig-

znājā.

27. septembrī plkst. 3^h Mēness paies garām 3° uz augšu, 24. oktobrī plkst. 14^h 2° uz augšu, 21. novembrī plkst. 2^h 2° uz augšu un 18. decembrī plkst. 15^h 2° uz augšu no Saturna.

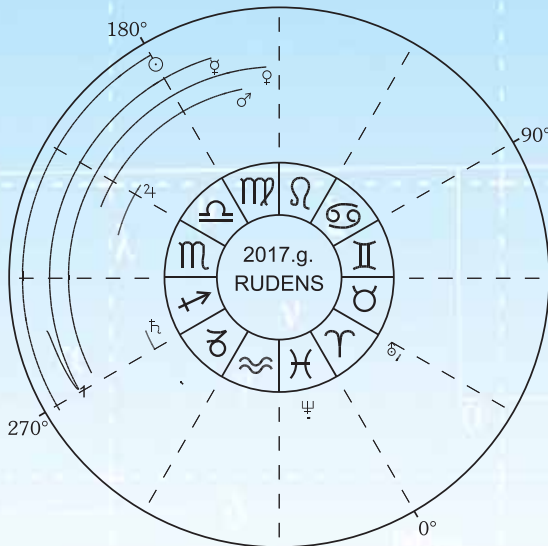
Rudens sākumā oktobrī un novembra pirmajā pusē **Urāns** būs labi novērojams praktiski visu nakti, jo 19. oktobrī atradīsies opozīcijā. Tā spožums šajā laikā būs $+5^m,7$.

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

Visu šo laiku Urāns atradīsies Zivju zvaigznājā. Tā atrašanās nepieciešams vismaz binoklis un zvaigžņu karte.

6. oktobrī plkst. 21^h Mēness paies garām 5° uz leju, 3. novembrī plkst. 5^h 5° uz leju un 30. novembrī plkst. 14^h 5° uz leju no Urāna.

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



3. att. Saules un planētu kustība zodiaka zīmēs.

☉ – 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, | ♀ – Venēra, |
| ♂ – Marss, | ♃ – Jupiters, |
| ♄ – Saturns, | ♅ – Urāns, |
| ♆ – Neptūns, | |

1 – 3.decembris 9^h.

MAZĀS PLANĒTAS

2017. g. rudenī opozīcijā vai tuvu opozīcijai un spožākas par +9^m būs piecas mazās planētas – Cerera (1), Pallāda (2), Iriša (7), Flora (8) un Massalia (20).

| Datums | α_{2000} | δ_{2000} | Attālums no Zemes, a.v. | Attālums no Saules, a.v. | Spožums |
|----------------|--------------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------------------|---------|
| Cerera: | | | | | |
| 23.09. | 8 ^h 09 ^m | +23°24' | 2,974 | 2,632 | 8,8 |
| 3.10. | 8 24 | +23 07 | 2,850 | 2,626 | 8,8 |
| 13.10. | 8 38 | +22 51 | 2,721 | 2,620 | 8,7 |
| 23.10. | 8 51 | +22 39 | 2,587 | 2,614 | 8,6 |
| 2.11. | 9 03 | +22 33 | 2,451 | 2,609 | 8,5 |
| 12.11. | 9 14 | +22 36 | 2,315 | 2,603 | 8,4 |
| 22.11. | 9 22 | +22 49 | 2,182 | 2,598 | 8,2 |
| 2.12. | 9 29 | +23 16 | 2,053 | 2,594 | 8,0 |
| 12.12. | 9 33 | +23 58 | 1,934 | 2,589 | 7,8 |
| 22.12. | 9 35 | +24 55 | 1,826 | 2,585 | 7,6 |

Pallāda:

| | | | | | |
|--------|--------------------------------|---------|-------|-------|-----|
| 23.09. | 3 ^h 20 ^m | -13°13' | 1,885 | 2,631 | 8,6 |
| 3.10. | 3 20 | -16 21 | 1,803 | 2,607 | 8,4 |
| 13.10. | 3 16 | -19 29 | 1,744 | 2,582 | 8,3 |
| 23.10. | 3 11 | -22 24 | 1,708 | 2,558 | 8,2 |
| 2.11. | 3 03 | -24 53 | 1,695 | 2,534 | 8,2 |
| 12.11. | 2 55 | -26 45 | 1,706 | 2,510 | 8,2 |
| 22.11. | 2 47 | -27 53 | 1,736 | 2,486 | 8,3 |
| 2.12. | 2 40 | -28 16 | 1,783 | 2,462 | 8,4 |
| 12.12. | 2 35 | -28 00 | 1,842 | 2,439 | 8,5 |
| 22.12. | 2 33 | -27 10 | 1,911 | 2,416 | 8,6 |

Iriša:

| | | | | | |
|--------|--------------------------------|---------|-------|-------|-----|
| 23.09. | 2 ^h 24 ^m | +23°42' | 0,996 | 1,865 | 7,9 |
| 3.10. | 2 23 | +23 43 | 0,932 | 1,855 | 7,6 |
| 13.10. | 2 18 | +23 15 | 0,884 | 1,847 | 7,3 |
| 23.10. | 2 11 | +22 18 | 0,856 | 1,841 | 7,0 |
| 2.11. | 2 03 | +20 58 | 0,849 | 1,836 | 6,9 |
| 12.11. | 1 56 | +19 28 | 0,865 | 1,834 | 7,1 |
| 22.11. | 1 51 | +18 00 | 0,902 | 1,834 | 7,4 |
| 2.12. | 1 50 | +16 47 | 0,958 | 1,836 | 7,7 |
| 12.12. | 1 53 | +15 57 | 1,029 | 1,839 | 8,0 |
| 22.12. | 1 59 | +15 30 | 1,114 | 1,845 | 8,3 |

| Datums | α_{2000} | δ_{2000} | Attālums no Zemes, a.v. | Attālums no Saules, a.v. | Spožums |
|--------|-----------------|-----------------|----------------------------|-----------------------------|---------|
|--------|-----------------|-----------------|----------------------------|-----------------------------|---------|

Flora:

| | | | | | |
|--------|--------------------------------|---------|-------|-------|-----|
| 22.11. | 7 ^h 22 ^m | +18°00' | 1,165 | 1,952 | 9,2 |
| 2.12. | 7 20 | +18 27 | 1,103 | 1,967 | 9,0 |
| 12.12. | 7 14 | +19 08 | 1,057 | 1,982 | 8,8 |
| 22.12. | 7 05 | +20 00 | 1,032 | 1,998 | 8,5 |

Massalia:

| | | | | | |
|--------|--------------------------------|---------|-------|-------|-----|
| 22.11. | 6 ^h 04 ^m | +22°28' | 1,185 | 2,092 | 9,2 |
| 2.12. | 5 57 | +22 23 | 1,131 | 2,086 | 8,9 |
| 12.12. | 5 47 | +22 17 | 1,100 | 2,080 | 8,6 |
| 22.12. | 5 37 | +22 09 | 1,094 | 2,076 | 8,5 |

MĒNESS

Mēness perigejā un apogejā

Perigejā: 9. oktobrī plkst. 9^h; 6. novembrī plkst. 2^h; 4. decembrī plkst. 11^h.

Apogejā: 27. septembrī plkst. 8^h; 25. oktobrī plkst. 4^h; 21. novembrī plkst. 20^h; 19. decembrī plkst. 3^h.

Mēness ieiet zodiaka zīmēs (sk. 4. att.):

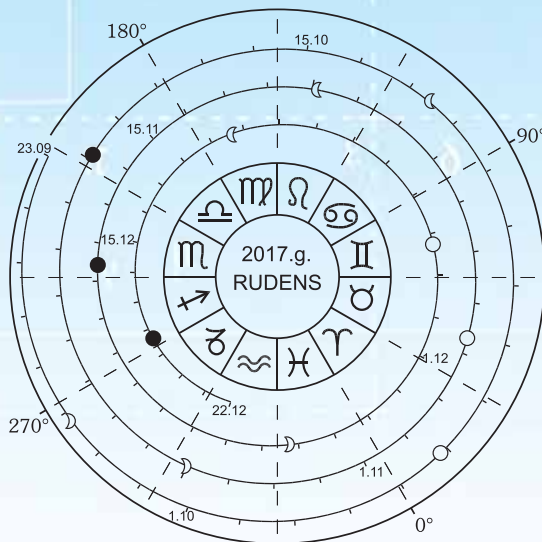
- 25. septembrī 7^h02^m Strēlniekā (♐)
- 27. septembrī 19^h25^m Mežāzī (♊)
- 30. septembrī 7^h41^m Ūdensvirā (♋)
- 2. oktobrī 17^h27^m Zivīs (♈)
- 4. oktobrī 23^h40^m Aunā (♈)

- 7. oktobrī 2^h56^m Vērsī (♈)
- 9. oktobrī 4^h45^m Dvīņos (♊)
- 11. oktobrī 6^h39^m Vēzī (♋)
- 13. oktobrī 9^h42^m Lauvā (♌)
- 15. oktobrī 14^h19^m Jaunavā (♍)
- 17. oktobrī 20^h35^m Svaros (♎)
- 20. oktobrī 4^h41^m Skorpionā (♏)
- 22. oktobrī 14^h57^m Strēlniekā (♐)
- 25. oktobrī 3^h13^m Mežāzī (♊)
- 27. oktobrī 15^h59^m Ūdensvirā (♋)

4. att. Mēness kustība zodiaka zīmēs.

Mēness kustības treka iedaļa ir viena diennakts.

- Jauns Mēness ●: 19.oktobrī 22^h12^m; 18.novembrī 13^h42^m; 18.decembrī 8^h30^m.
- Pirmais ceturksnis ☽: 28.septembrī 5^h53^m; 28.oktobrī 1^h22^m; 26.novembrī 19^h03^m.
- Pilns Mēness ○: 5.oktobrī 21^h40^m; 4.novembrī 7^h23^m; 3.decembrī 17^h47^m.
- Pēdējais ceturksnis ☾: 12.oktobrī 15^h25^m; 10.novembrī 22^h36^m; 10.decembrī 9^h51^m.



30. oktobrī 1^h47^m Zivīs
 1. novembrī 8^h43^m Aunā
 3. novembrī 11^h47^m Vērsī
 5. novembrī 12^h27^m Dvīņos
 7. novembrī 12^h45^m Vēzī
 9. novembrī 14^h30^m Lauvā
 11. novembrī 18^h42^m Jaunavā
 14. novembrī 1^h27^m Svaros
 16. novembrī 10^h19^m Skorpionā
 18. novembrī 21^h00^m Strēlniekā
 21. novembrī 9^h14^m Mežāzī
 23. novembrī 22^h15^m Ūdensvirā

26. novembrī 10^h04^m Zivīs
 28. novembrī 18^h31^m Aunā
 30. novembrī 22^h39^m Vērsī
 2. decembrī 23^h22^m Dvīņos
 4. decembrī 22^h38^m Vēzī
 6. decembrī 22^h38^m Lauvā
 9. decembrī 1^h09^m Jaunavā
 11. decembrī 7^h02^m Svaros
 13. decembrī 15^h59^m Skorpionā
 16. decembrī 3^h08^m Strēlniekā
 18. decembrī 15^h34^m Mežāzī
 21. decembrī 4^h30^m Ūdensvirā

Mēness aizklāj spožākās zvaigznes:

| Datums | Zvaigzne | Spožums | Aizklāšana | Atklāšana | Mēness augstums | Mēness fāze |
|------------|---------------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------|-------------|
| 5.11.2017. | γ Tau | 3 ^m ,7 | 21 ^h 06 ^m | 22 ^h 01 ^m | 24° – 32° | 96% |
| 6.11.2017. | α Tau (Aldebarans) | 0 ^m ,9 | 4 ^h 54 ^m | 5 ^h 50 ^m | 38° – 31° | 95% |
| 8.12.2017. | α Leo (Reguls) | 1 ^m ,4 | 23 ^h 27 ^m | 0 ^h 22 ^m | 11° – 18° | 65% |

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

METEORI

1. **Drakonīdas.** Plūsmas aktivitātes periods ir laikā no 6. līdz 10. oktobrim. Maksimums 2017. gadā gaidāms nakī no 8. 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 2017. 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. 2017. g. maksimums gaidāms 17. novembrī. Plūsmas aktivitāti ir grūti prognozēt, tomēr ir iespējami brīži ar samērā lielu meteoru intensitāti – apmēram 10 meteori stundā.

4. **Geminīdas.** Pieskaitāma pie visaktīvākajām un stabilākajām plūsmām. Tās meteori novērojami laikā no 4. līdz 17. decembrim. Šogad maksimums gaidāms 14. decembra rīta pusē, kad plūsmas intensitāte var sasniegt 120 meteoru stundā. D

Asteroīds (457743) Balklavs = 2009 HW20

Galvenajā asteroīdu joslā 18.apr.2009. atklātajai mazajai planētai 457743 (2009 HW20) piešķirts gadalaiku izdevuma *Zvaigžņotā Debess* atbildīgā redaktora radioastronoma Artura Balklava vārds. Atklājēji I.Eglītis un K.Černis (Lietuva).

Vairāk par Baldones Astrofizikas observatorijā ar Šmidta teleskopu atklāto asteroīdu **2009 HW20 = nr.457743 = Balklavs** sk. *Dr.phys.* I.Eglīša rakstā nākamajā *ZvD Ziemas'2017/18* laidienā.

I. P.

CONTENTS

“ZVAIGŽNOTĀ DEBESS” FORTY YEARS AGO *U.Dzērvītis*. Dispute on Hubble's Constant Value (abridged). *E.Mūkins*. Ten «Venera»'s: Devices, Journeys and Results (abridged). **DEVELOPMENTS in SCIENCE** *K.Schwartz*. New Discoveries in the Orion Molecular Cloud Complex. **SPACE RESEARCH and EXPLORATION** *J.Jaunbergs*. Salty Emanations of Enceladus. *R.Misa*. Voyager: the Longest and Farthest. **OBSERVATORIES and INSTRUMENTS** *J.Kuzmanis*. Dragon Looks at the Sky. *K.Salmiņš*. On ILRS Technical Workshop 2017 in Riga. **CONFERENCES and MEETINGS** *M.Sudārs*. Trends of Space Infrastructure Development in Europe. *M.Gills*. Congress of European Planetary Science 2017 in Riga. **FLASHBACK** *N.Cimahoviča*. On Whirlpools of Solar Corona and Their Influence on the Earth and Public Processes. **For SCHOOL YOUTH** *M.Krastiņš*. Latvia's 45th Open Astronomy Olympiad for Secondary School Students. *K.Adgere*. 41th Scientific Conference of Latvian Secondary School Students. *M.Avotiņa, A.Šuste*. Solutions of Third Round Problems of 67th Latvian State Mathematical Olympiad. **CHRONICLE** *R.Misa*. Latvia's First Artificial Satellite «Venta-1» Successfully Delivered to Earth's Orbit. *R.Misa*. Science Week of the CERN in Latvia. *K.Salmiņš*. Latvian and Estonian Probationers at LU Institute of Astronomy. **READERS' QUESTIONS** *E.Auziņš*. Why Is Uranus Taken the Reverse Direction of Rotation? *J.Kauliņš*. **ASTRONOMICAL PHENOMENA** in the Autumn of 2017. *Supplement: Astronomical Calendar 2018 (compiled by J.Kauliņš)*

СОДЕРЖАНИЕ (№ 237, Осень, 2017)

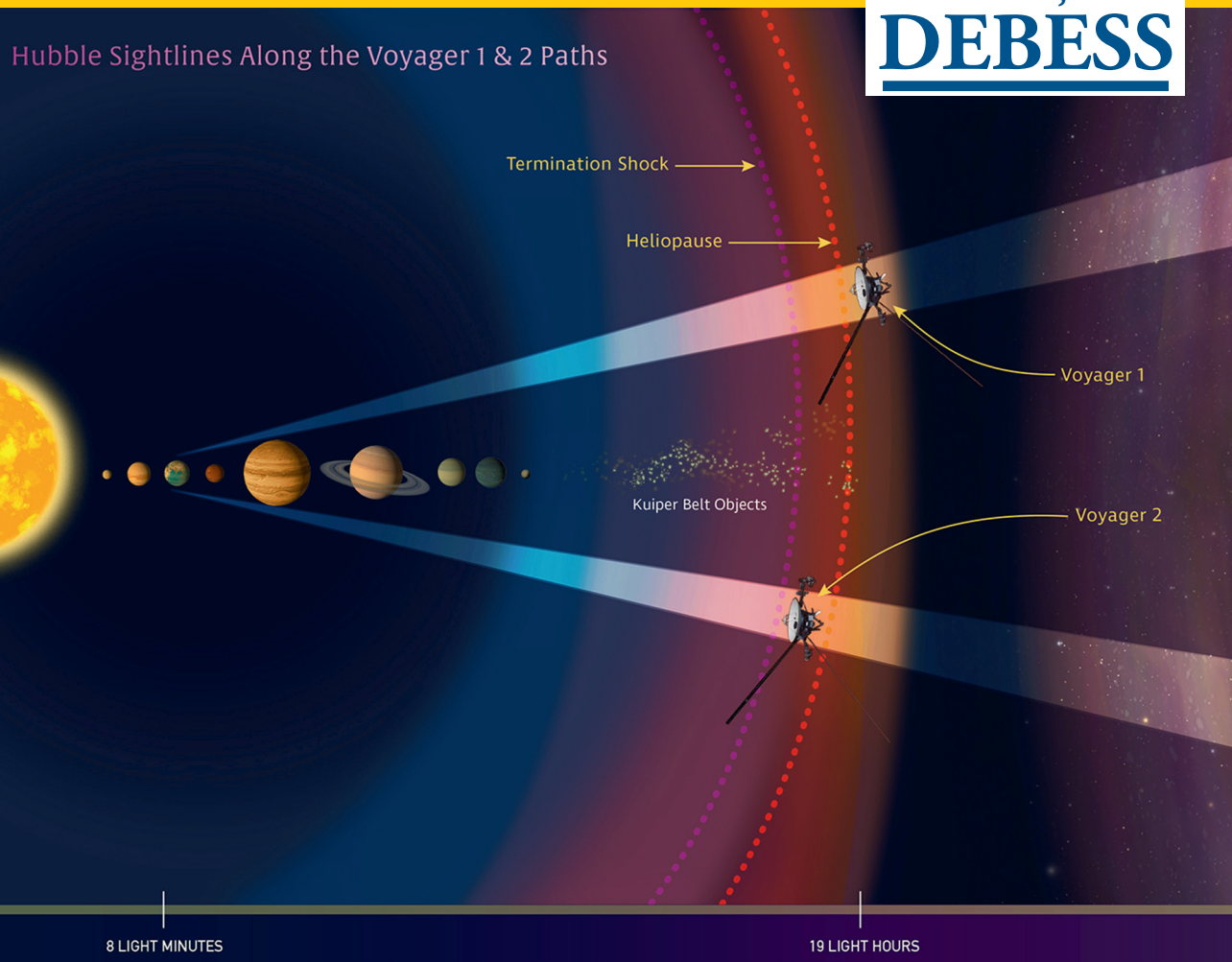
В «ZVAIGŽNOTĀ DEBESS» 40 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД Спор о величине постоянной Хаббла (по статье У.Дзервитиса) Десять «Венер»: аппараты, полёты и результаты (по статье Э.Мукинса). **ПОСТУПЬ НАУКИ** К.Шварц. Новые открытия в Молекулярных Облаках Ориона. **ИССЛЕДОВАНИЕ и ОСВОЕНИЕ КОСМОСА** Я.Яунбергс. Солёное дыхание Энцелада. Р.Миса. Voyager – дольше и дальше всех. **ОБСЕРВАТОРИИ и ИНСТРУМЕНТЫ** Я.Кузманис. Дракон глядит в небо. К.Салминьш. О конференции по лазерной локации ILRS в Риге. **КОНФЕРЕНЦИИ и СОВЕЩАНИЯ** М.Сударс. Тенденции развития космической инфраструктуры в Европе. М.Гиллс. Конгресс планетологии в Риге. **ОГЛЯДЫВАЯСЬ в ПРОШЛОЕ** Н.Цимахович. Вихри Солнечной короны и их влияние на Землю и общественные процессы. **Для ШКОЛЬНОЙ МОЛОДЁЖИ** М.Крастиньш. 45-я Латвийская открытая олимпиада по астрономии для школьников. К.Адгере. 41-я Латвийская научная конференция школьников. М.Авотиня, А.Шустэ. Решения задач 67-й Латвийской олимпиады по математике. **ХРОНИКА** Р.Миса. Первый латвийский искусственный спутник «Venta-1» успешно доставлен на орбиту Земли. Р.Миса. Научная неделя CERN в Латвии. К.Салминьш. Практиканты из Латвии и Эстонии в Институте астрономии ЛУ. **СПРАШИВАЕТ ЧИТАТЕЛЬ** Э.Аузиньш. Почему для Урана принято противоположное направление вращения? Ю.Каулиньш. **НЕБЕСНЫЕ СВЕТИЛА** осенью 2017 года.

Приложение: **Астрономический календарь 2018** (составитель Ю.Каулиньш)

THE STARRY SKY, No. 237, AUTUMN 2017
Compiled by Irena Pundure
“Mācību grāmata”, Rīga, 2017
In Latvian

ZVAIGŽNOTĀ DEBESS, 2017. GADA RUDENS
Reģ. apl. Nr. 0426
Sastādījusi Irena Pundure
© Apgāds “Mācību grāmata”, Rīga, 2017
Redaktore Anīta Bula
Datortālis Jānis Kuzmanis

Hubble Sightlines Along the Voyager 1 & 2 Paths



8 LIGHT MINUTES

19 LIGHT HOURS

Habla skatlīnijas gar Voyager 1 un 2 trajektorijām. Šai ilustrācijā, kas orientēta gar ekliptikas plakni, Habla Kosmiskais teleskops pavērsts virzienos (apzīmēti ar gaišajiem konusiem), kurp dodas NASA's Voyager 1 un 2 cauri Saules sistēmai un starpzvaigžņu telpā ceļā uz zvaigznēm.

NASA, ESA un Z. Levay (STScI) ilustrācija

Sk. Misa R. Voyager – visilgāk un vistālāk.

Vāku 1. lpp.:

Eiropas Planetoloģijas kongresa (European Planetary Science Congress) EPSC 2017 logo. Autori: foto Manuel NÚñez, grafika – Edīte Ķirse, David Sudweeks un Amara Graps

Sk. Gills M. Planetoloģijas kongress Rīgā.

«Venta-1» ar izvērstām īsviļņu sakaru antenām.

Avots: <http://venta.lv/venta-1/>

Sk. Misa R. Zemes orbītā veiksmīgi nogādāts Latvijas pirmais Zemes mākslīgais pavadoņs «Venta-1».

ISSN 0135-129X



Cena 3,00 €