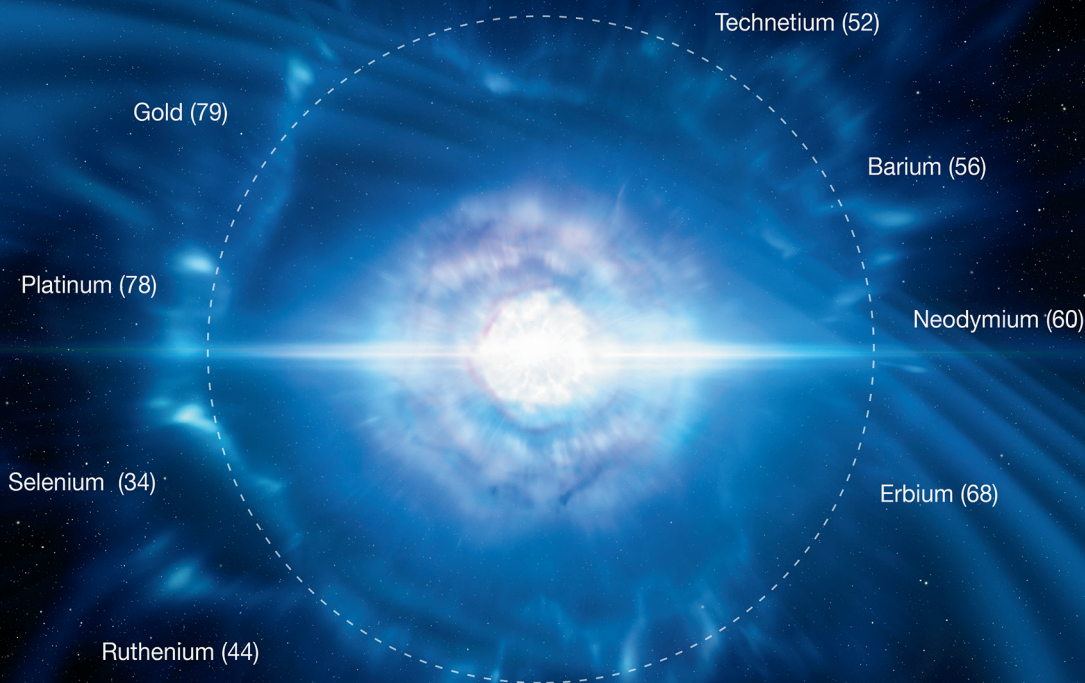


ZVAIGŽNOTĀ DEBĒSS

2017/18
ZIEMA

★ NEITRONU ZVAIGŽŅU SPRĀDZIENS IZSVAIDA ZELTU un PLATĪNU



★ PIETEIKTA JAUNA ĒRA ASTRONOMIJĀ

★ Kur NOVĒROT ASTEROĪDU BALKLAVS?

★ EIROPAS PLANETOLOGI par RŪPNIECISKO ATTĪSTĪBU KOSMOSĀ

★ Par LIELO AMERIKAS APTUMSUMU

★ PIEDALIES APTAUJĀ par ZVAIGŽNOTO DEBESI!

Pielikumā: Planētu redzamības diagramma 2018



Saules aptumsuma daļējās fāzes laikā ar ērgļa siluetu. *Pa kreisi:* Dimanta gredzens īsi pirms pilnā aptumsuma 21. aug. 2017. 13:15; ISO 125, f/6.3, 1/1250 s.

Foto: Gatis Šķīla

Sk. *Gills M.* Saules aptumsuma novērojumi *labajā zemē.*

Vāku 1.lpp.: 1. att. Mākslinieka ieskaits par kilonovas sprādzienu. Divu neitrona zvaigžņu saplūšana izraisa spēcīgu sprādzienu – zināmu kā kilonova jeb makronova vai r-procesa supernova. r-process jeb ātrs neitronu notveršanas (*rapid neutron capture*) process ir kodolsintēzes reakciju cikls, kura rezultātā veidojas atomu kodoli, kas ir smagāki par dzelzs kodolu. Tādā notikumā kosmiskajā telpā tiek izmesti smagie ķīmiskie elementi. Attēls rāda dažus no šiem elementiem kopā ar to atomskaitļiem.

Nopelns: ESO/L. Calçada/M. Kornmesser

Sk. *Pundure I.* ESO teleskopi un *Habls* pirmoreiz novēro gravitācijas viļņu avotu.

ZVAIGŽNOTĀ DEBESS

LATVIJAS ZINĀTŅU AKADĒMIJAS,
LATVIJAS UNIVERSITĀTES
ASTRONOMIJAS INSTITŪTA

POPULĀRZINĀTNISKS
GADALAIKU IZDEVUMS

IZNĀK KOPŠ 1958. GADA RUDENS
ĢETRAS REIZES GADĀ

2017./18. GADA ZIEMA (238)



Redakcijas kolēģija:

LZA kor. loc. *Dr. bab. matb. A. Andžans*
(atbild. redaktors), **K. Bērziņš**,
Dr. sc. comp. M. Gills (atb. red. vietn.),
PbD 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»

Zvaigžnotā debess un putnu ceļojumi. *I. Vilka*
Saturna gredzena spirāles. *N. Cimahoviča*
Frīdriha Candra V lasījumi. *I. Šmēlds*2

Zinātnes rītums

Kurts Švarcs. Galaktiku kopas un
Visuma trīsdimensionālā struktūra.....3

Atklājumi

Mārtiņš Gills. Daudzvēstnešu astronomijas
pieteikuma diena.....13
Irena Pundure. ESO teleskopi un *Habls*
pirmoreiz novēro gravitācijas viļņu avotu.....14
Ilgmārs Eglītis. Asteroīds "Balklavs"16

Kosmosa pētniecība un apgušana

Raitis Misa. *Cassini* misija –
atklājumi līdz pašām beigām.....18
Jānis Jaunbergs. Ledus pasaule Tētija.....23

Observatorijas un instrumenti

Mārtiņš Gills. Milzu radioteleskops iztur viesuļvētru.....30

Apspriedes un sanāksmes

Juris Kalvāns. Starptautiskās astronomu savienības
332. simpozījs Čīlē.....31
Vidvuods Beldavs. EPSC2017 sesija
par Starptautisko Mēness dekādi.....35

Zeme un kosmos

Jānis Kuzmanis. Urāns un kosmiskā evolūcija.....38

Latvijas zinātnieki

Profesora Andreja Alkšņa zinātnisko darbu saraksts
(turpinājums).....44

Atskatīties pagātnē

Jānis Jaunbergs. Mēness ekspedīciju F-1 dzinēji
tagad un pirms 50 gadiem.....49

Skolu jaunatnei

Kirils Surovovs, *Vents Valle*, *Aleksandrs Sorokins*,
Jānis Timošenko, *Dmitrijs Docenko*,
Andrejs Cēbers, *Dmitrijs Bočarovs*.
Latvijas 42. atklātā fizikas olimpiāde.....52

Lielais Amerikas Saules aptumsums 2017

Mārtiņš Gills. Saules aptumsuma novērojumi
labajā zemē.....60
Agnese Zalcmane. Pilnā Saules aptumsuma
novērošana Amerikā.....63

Amatieriem

Mārtiņš Keruss. 18. astronomijas amatieru un
interesentu salidojums *Starspace* observatorijā.....66

Hronika

Ilgmārs Eglītis. Pārskats par LU Astronomijas
institūta darbību 2016. gadā (*nobeigums*).....68
Juris Kauliņš. **Debess spideklī** 2017./18. gada rudenī.....72
Aptauja par *Zvaigžnoto Debese* un
Astronomisko Kalendāru79

Pielikumā: **Astronomiskās parādības un Planētu
redzamības kompleksā diagramma 2018. gadam**
(Sastādītājs *Juris Kauliņš*)

PIRMS 40 GADIEM "ZVAIGŽNOTAJĀ DEBESĪ"



ZVAIGŽNOTĀ DEBESS UN PUTNU CEĻJUMI

LPSR ZA Bioloģijas institūta ornitoloģijas laboratorijas mēģinājumos atklājās, ka pat viens atsevišķsniecīgs spīdošs punkts stipri ietekmē eksperimenta putna migrāciju nemiera intensitāti un kustību virzību apaļajos būros. Vislabāk šāda veida eksperimentus veikt speciālā planetārijā, kur iespējams maksimālās debess meridiānu mainīt, griežot projektoru ap vertikālo asi. Ornitoloģijas laboratorijas planetārijs iekārtots galvenokārt nolūkā iegūt pilnīgi pārliecinošus pierādījumus, vai putni migrāciju nemiera laikā virzienu izvēlas pēc zvaigznēm vai kāda cita orientiera. Visos dažādajos eksperimentu variantos parādījās zvaigžnotās debess izšķirošā loma sarkanrīklišu kustību virziena izvēlē apaļajos būros. Ja planetārija projektoru eksperimenta gaitā pagriezta par noteiktu leņķi, sarkanrīklītes attiecīgi mainīja arī izvēlēto kustību virzienu.

(Saīsināti pēc I. Vilkas raksta 1.-7. lpp.)

SATURNA GREDZENA SPIRĀLES

Saturna gredzeni ir pazīstami vairāk nekā 300 gadus, tomēr vēl arvien tiek atkātas jaunas to īpašības. Pavisam nesen astronomi precizēja šo gredzenu skaitu – izrādījās, ka to pavisam ir 5, kas atdala cits no cita ar dažāda platuma spraugām. Galvenie, spožākie, ir divi – gredzens A un gredzens B. Platākais un spožākais ir iekšējais gredzens B; ārējais gredzens A ir blāvāks un pusotras reizes šaurāks par gredzenu B. Jau pirms 20 gadiem bija pamanīts, ka Saturna ārējā gredzenā allaž novērojamas divas spožākas un divas blāvākas zonas. Spožuma variācijas vienmēr paliek vienās un tais pašās vietās attiecībā pret planētu. Šo efektu mēģināja izskaidrot, izvirzot dažādas hipotēzes. Vīspieņemamākā izrādījās ideja par gredzenu daļiņu spirālisko koncentrāciju, kad spožākās un blāvākās vietas novērojamas, mūsu skatam dažādos leņķos šķērsojot gredzenu blīvākās un retinātākās vietas. Kosmiskās vielas šķembas, riņķojot ap Saturnu, savstarpējo gravitācijas spēku ietekmē tiešām var veidot sablīvējumus, iezīmējot it kā spirāļu zarus. Atsevišķo spirāļu caurmērs ir apmēram daži kilometri, tāpēc teleskopā no Zemes tās nav saskatāmas. Kā rāda aprēķini, Saturna ārējā gredzenu spirāliskie sablīvējumi var veidoties tikai tādā gadījumā, ja gredzenu daļiņu apmēri ir stipri dažādi – no centimetriem līdz varbūt pat kilometram.

(Saīsināti pēc N. Cimahovičas raksta 28.-29. lpp.)

FRĪDRIHA CANDERA V LASĪJUMI

1977. gada 19.-21. aprīlī Rīgā notika Frīdriha Candra V lasījumi. Šie lasījumi, kas veltīti izcilā raķešu būves pioniera piemiņai, kļuvuši par skaistu tradīciju, kas pulcē vienuviet gan kosmisko lidojumu speciālistus, gan zinātnes vēsturniekus, gan daudzu citu zinātnes nozaru pārstāvjus, kurus interesē astronomijas un kosmonautikas problēmas. Šoreiz lasījumi izvērtās par sevišķi svinīgu notikumu – tie sakrīta ar F. Candra 90. gadskārtu. Lasījumos, kuru darbs norisā trīs sekcijās, piedalījās PSRS vadošie kosmonautikas speciālisti un republikas zinātniskie darbinieki, kosmonauti A. Jelisejevs un J. Glazkovs un F. Candra meita Astra Candere. PSRS lidotājs kosmonauts A. Jelisejevs savā ziņojumā par tēmu "Kosmosa ēras 20 gadi" pakavējās pie pirmajiem soļiem starptautiskajā sadarbībā kosmosa apgūšanā, īpaši pie programmas "Sojuz-Apollo".

Aizritējušie lasījumi ir tikai daļa no pasākumiem, kas veltīti F. Candra deviņdesmitgadei. Maskavā paredzēta F. Candra darbības analīzei veltīta PSRS ZA Prezīdija sēde, kā arī citi pasākumi, godinot ievērojamā kosmonautikas pioniera piemiņu.

(Saīsināti pēc I. Šmelda raksta 53.-56. lpp.)

KURTS ŠVARCS

GALAKTIKU KOPAS UN VISUMA TRĪSDIMENSIONĀLĀ STRUKTŪRA

1. Garais ceļš uz galaktiku kopām

Astronomija līdz divdesmitā gadsimta sākumam būfībā bija "zvaigžņu astronomija". Galaktiku ēru 1923. gadā atklāja Edvīns Habls, nosakot attālumu līdz Andromedas Miglājām un novērtējot tā izmērus. Tālākie novērojumi parādīja, ka galaktikas veido kopas no dažiem desmitiem līdz dažiem tūkstošiem galaktiku, kas atrodas gravitācijas mijiedarbībā un ietekmē procesus atsevišķās galaktikās. Būtisku ieguldījumu šais pētījumos deva amerikāņu astronoms Džordžs Ogdens Eibels (*George Ogden Abell, 1927-1983*), kas Palomaras observatorijā (Kalifornija) ar 122 cm Šmidta teleskopu sistemātiski novēroja debess sfēru un publicēja divus galaktiku katalogus (1958. un 1989. gadā), kuros tika apkopoti ap 4000 objektu. Šmidta teleskopā varēja novērot tikai tuvākās kopas līdz 6,5 milj. gg attālumam no Zemes. [1]

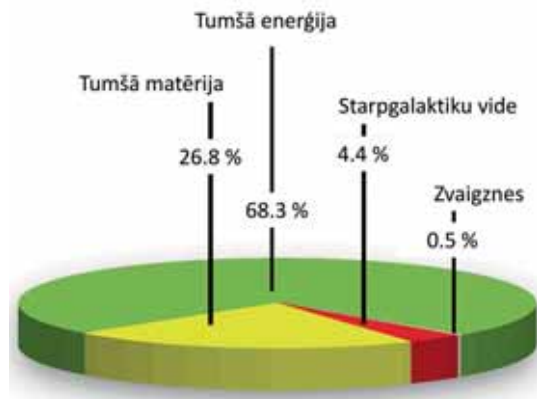
Revolūciju galaktiku un galaktiku kopu pētījumos izraisīja Habla kosmiskā teleskopa (HKT) ultradziļā lauka *HUDF (Hubble Ultra Deep Field)* un ārkārtēji dziļā lauka *XDF (eXtreme Deep Field)* programmas, kuru ietvaros laikā no 2003. līdz 2012. gadam veikti unikāli novērojumi nelielā 3x3 loka minūšu apgabalā dienvidu puslodes Krāsns zvaigznāja virzienā. Izvēlētajā apgabalā tika atklāti vairāki tūkstoši galaktiku un galaktiku kopu ar dažādu sarkano nobīdi z līdz attālumam ap 13 miljrd. gg no Zemes (*ZvD, 2017, Vasara (236), 15.-22. lpp.*). Šis tālās galaktikas ir astronomu uzmanības centrā un tiek detalizēti pētītas, izmantojot orbitālos un virszemes teleskopus. Jo tālāk no Zemes atrodas galaktikas vai galaktiku kopas, jo grūtāk ir noteikt to struktūru

un zvaigžņu rašanās aktivitāti, kas saistās ar ierobežoto teleskopu izšķirtspēju un detektoru jutību. Pēc Lielā Sprādziena hipotēzes apstiprināšanās kļuva skaidrs, ka Visuma izcelsmi un zvaigžņu evolūciju nevar izprast un aprakstīt bez kodol- un atomfizikas likumsakarībām (*ZvD, 2015, Vasara (228), 3.-12. lpp.*). To jau pagājušajā gadsimtā uzsvēra ievērojamais britu astrofizikis Arturs Edingtons (*Arthur Stanley Eddington, 1882-1944*): "Zvaigžņu procesu izpratne saistās ar atomiem, un daudzi atomārie procesi tika novēroti zvaigznēs agrāk nekā uz Zemes" [2]. Edingtons uzsvēra astronomijas saiti ar fiziku: atomu spektri tika vispirms novēroti Fraunhofera līnijās, gaismas ātrums tika noteikts no astronomiskiem novērojumiem, kodoltermiskās reakcijas tika aprakstītas kā zvaigžņu enerģijas avoti pirms eksperimentiem laboratorijā un daudz kas cits (*ZvD, 2014, Vasara (224), 3.-11. lpp.*). Arī šodienas galaktiku novērojumi nav izprotami bez plazmas fizikas, atomfizikas un kodolfizikas procesiem.

Jauna pieeja Visuma sastāvam saistās ar šveiciešu izcelsmes amerikāņu astronomu Frici Cvikiju (*Fritz Zwicky, 1898-1974*), kas pagājušā gadsimta trīsdesmitajos gados aplūkoja Berenikes Matu galaktiku kopas struktūru, ko nevarēja izskaidrot ar redzamo zvaigžņu un starpzvaigžņu miglāju masu un gravitāciju – pie novērotās redzamās masas lieluma galaktiku kopai ar vairāk nekā tūkstoš galaktikām vajadzētu izkļūst. Lai izskaidrotu galaktiku kopas stabilitāti, vajadzēja ieviest papildu masu (trūkstošo masu – tumšo matēriju). Nedaudz vēlāk astronomijā ieviesa arī tumšās enerģijas jēdzienu, lai izskaidro-

tu Visuma paātrināto izplešanos. Kaut gan Cvikija atklājumu sākumā uzņēma skeptiski, viņš saprata sava atklājuma nozīmi: "Tumšā matērija ir pilnīgi atšķirīga no mums pazīstamām vielām, pie kam lielākā daļa no materiālā Visuma sastāv no šīs matērijas" [3]. Kaut gan līdz šodienai tumšās matērijas daba vēl nav noskaidrota, astronomiskie novērojumi apstiprina šīs matērijas eksistenci pēc gravitācijas un Visuma izplešanās efektiem (ZvD, 2015, Rudens (229), 3.-9. lpp.). Nesen NASA programmas ietvaros kosmiskās observatorijas *Planck* mērījumi Lielā Sprādziena kosmoloģijas standartmodeļa Λ CMD (*Lambda cold dark matter*, grieķu burts *Lambda* apzīmē kosmoloģisko konstanti) ietvaros novērtēja novērojamo masu (zvaigznes, planētas, gāzu miglāji u.c.) un tumšo matēriju un enerģiju (1. att.) [4]. Visuma novērojamā masa ir tikai ~5% no Visuma kopīgās masas, pie kam summārā zvaigžņu masa ir ievērojami mazāka par starpzvaigžņu un starpgalaktiku vides gāzes masu, neraugoties uz zemo ūdeņraža koncentrāciju starpzvaigžņu un starpgalaktiku vidē. Astronomiskie mērogi parāda milzīgu retinātu Visumu. Ja mēs novērojam zvaigznes nakts debesīs, mums liekas, ka Visuma masa ir zvaigžņu masu summa. Divdesmitā gadsimta astronomija pierādīja, ka zvaigžņu masa ir tikai neliela daļa no Visuma. Pirms dažiem gadiem ESA sadarbībā ar NASA sāka programmu *Euclid* galaktiku evolūcijas un tumšās matērijas pētījumiem Visumā. Tiek sekmīgi konstruēts orbitālais teleskops ar diviem 1,2 m teleskopiem redzamajam un infrasarkanajam spektra diapazonam ar ļoti jufigiem starojuma uztvērējiem. Orbitālo teleskopu paredzēts palaist 2020. gadā ar mērķi novērot tumšo matēriju un Visuma struktūru dažādos evolūcijas etapos.

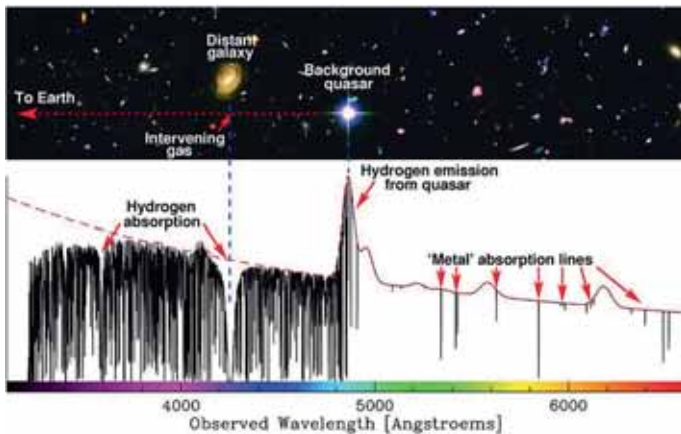
Tālo galaktiku pētījumos svarīga loma ir starpzvaigžņu un starpgalaktiku ūdeņraža miglājiem, kas nosaka zvaigžņu veidošanos un galaktiku evolūciju. Ūdeņraža klātbūtni var novērot gan pēc atomu emisijas, gan absorbcijas spektriem. Ūdeņraža spektra li-



1. att. Visuma masa un enerģija pēc Planka kosmiskā teleskopa mērījumiem Λ CMD modeļa ietvaros: novērojamā masa (zvaigznes un starpgalaktiku vide) ir daudz mazāka (~5 %) nekā tumšā matērija un tumšā enerģija; summārā zvaigžņu masa ir mazāka par summāro starpgalaktiku gāzes masu. [4]

nijas no tāliem objektiem Visuma izplešanās rezultātā tiek nobīdītas uz garo viļņu pusi (sarkanā nobīde, ZvD, 2014, Vasara (224), 3.-11. lpp.). Viļņu garuma izmaiņas ir proporcionālas attālumam no mums $\lambda_n = \lambda_0(z+1)$, kur λ_n un λ_0 ir novērotais uz Zemes un izstarotais (vai absorbētais) viļņu garums un z ir sarkanā nobīde. Pēc novērotā z lieluma kosmoloģiskā modeļa Λ CDM ietvaros var noteikt objekta attālumu līdz Zemei.

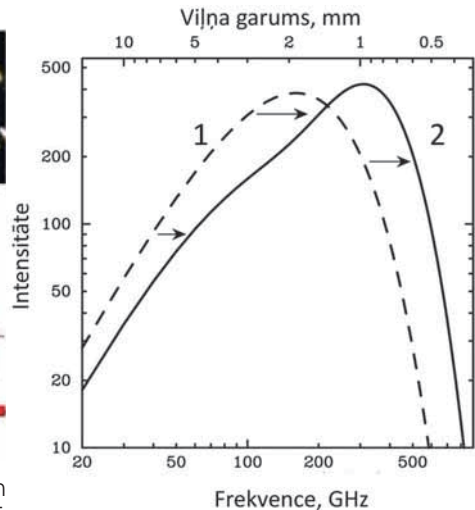
Starojums no tālām galaktikām un miglājiem ceļā uz Zemi mijiedarbojas ar starpgalaktiku vidi un ūdeņraža miglājiem. Ūdeņradis ir galvenā Visuma sastāvdaļa, kas absorbē tālo objektu emisiju, tai skaitā ūdeņraža atoma Laimana sērijas starojumu (Laimana alfa līniju ar viļņa garumu $\lambda_0 \approx 122$ nm (ZvD, 2013/14, Ziema (222), 2.-6. lpp.). Novērojot λ_0 absorbciju atkaņbā no absorbējošā objekta pie dažādiem attālumiem no Zemes, rodas arī atšķirīgas viļņu garuma nobīdes, un galarezultātā novērotājs uz Zemes uztver plašu λ_0 līniju spektru, ko astronomi nosauca par "Laimana alfa mežu" (2. att.). Analizējot "Laimana alfa mežu", var novērtēt starpgalaktiku miglāju attālumu, izmērus (biezumu) un tilpumu [5].



2. att. Gaisma no tālām galaktikām (*Distant galaxy*) un kvazāriem (*Background quasar*) ceļā uz Zemi ir mijiedarbībā ar starpgalaktiku ūdeņraža gāzi (*Intervening gas*). Novērojumiem izmanto ūdeņraža atoma pāreju ar viļņa garumu $\lambda_0 = 122$ nm (Laimana sērijas α līniju). Novērotājs uz Zemes no dažādiem attālumiem uztver gaismu ar dažādu viļņa garumu, kā rezultātā tiek reģistrēts plašs viļņu garumu spektrs – “Laimana mežs” (*Hydrogen absorption*). Attēla labajā pusē parādāta ūdeņraža emisijas līnija (*Hydrogen emission from quasar*) un “metāla” (C, N, O u.c.) absorbcijas līnijas (*Metal absorption lines*). Uz horizontālās ass atlikts viļņu garums angstrēmās ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m} = 0,1 \text{ nm}$). [5]

Bez tumšās matērijas un enerģijas nav iespējams izprast galaktiku un galaktiku kopu uzbūvi un evolūciju. Pēdējos gadu desmitos astrofizikā ir izveidoti teorētiskie galaktiku un galaktiku kopu modeļi, kas aplūko tumšo matēriju, kas nosaka gravitācijas efektus. Ir arī izstrādātas eksperimentālās metodes šo objektu parametru noteikšanai (starжда, masa, zvaigžņu un miglāju kustības ātrums). Svarīgs parametrs turklāt ir starpgalaktiku vides plazmas starojums no radioviļņiem līdz rentgenstarojumam. Galaktikas masu (zvaigžņu, starpgalaktiku vides, miglāju) var noteikt pēc galaktikas summārā starojuma jaudas vai galaktikas rotācijas ātruma, ko nosaka pēc Doplera efekta (Zvd, 2014, Vasara (224), 5. lpp.).

Tālo objektu parametru noteikšanai izmanto arī Sjuņajeva-Zeļdoviča (SZ) efektu. SZ efekts saistās ar fotonu izkliedi uz ātriem



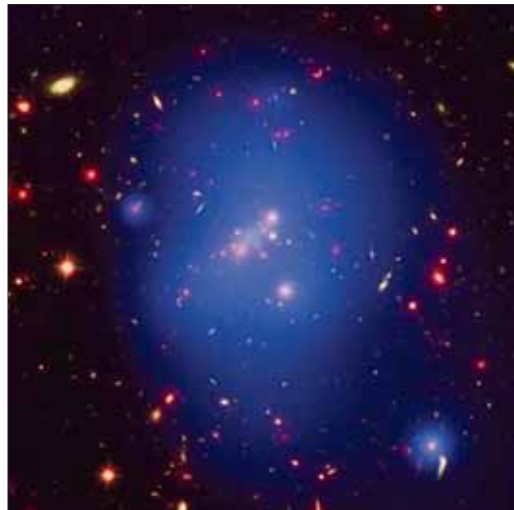
3. att. Sjuņajeva-Zeļdoviča efekts ir kosmiskā relikstarojuma fotonu izkliede uz ātriem relativistiskiem elektroniem, kā rezultātā spektrā palielinās fotonu skaits ar lielāku enerģiju (frekvenci): 1 – spektrs pirms izkļedes; 2 – spektrs pēc izkļedes. Reliktstarojums atbilst termiskam starojumam pie temperatūras $T=2,725 \text{ K}$ milimetru radioviļņu diapazonā. [6]

relativistiskiem elektroniem. Izkļedes procesā palielinās fotonu enerģija, ko var novērot relikstarojuma spektrā (3. att.) [6]. Izmaiņas ir proporcionālas kopas biezumam, kas dod iespēju novērtēt galaktiku kopas tilpumu un masu. Visas šīs metodes prasa novērojumus, kas ilgst vairākus gadus un palīdz izprast Visuma evolūciju. Šie pētījumi tiek veikti Kosmiskās evolūcijas izpētes (*Cosmic Evolution Survey (COSMOS)*) programmas ietvaros [7]. Kosmiskās evolūcijas pētījumu programmas COSMOS mērķis ir izprast sakarību starp liela mēroga struktūrām LSS (*Large-scale structures*), tumšo matēriju un galaktiku un zvaigžņu veidošanos. Šī grandiozā programma izmanto orbitālos un virszemes teleskopus visā elektromagnētisko viļņu diapazonā no rentgenstariem līdz radioviļņiem. Daži šīs programmas rezultāti tiek aplūkoti šajā rakstā.

2. Galaktiku kopa IDCS 1426

Galaktiku kopu *IDCS 1426* (attālums ~10 mljrd. gg, vidējais $z=1,75$) ar HKT novēroja jau 2012. gadā, un attālumu novērtēja *W.M.Keck* observatorija Havajā (4. att.). Nesen amerikāņu astronomu grupa no septiņām universitātēm profesora Marka Brodvina (Misūri universitāte, ASV) vadībā *NASA* programmas ietvaros sāka detalizētus pētījumus par tādām galaktikām un galaktiku kopām [9]. Profesors Brodvins ir viens no vadošiem amerikāņu astrofizikiem galaktiku evolūciju pētījumos. Viņš arī aktīvi piedalās *ESA Euclid* programmas tumšās matērijas pētījumos. Nesen profesora Brodvina grupa publicēja pētījumus par *IDCS 1426* galaktiku kopu, kas ir viena no lielākajām tālo galaktiku kopām. Līdzās HKT datiem grupa izmantoja arī Čandras rentgenteleskopa un optisko teleskopu novērojumus [8, 9]. Galaktiku kopas masu novērtēja ar dažādām metodēm, izmantojot: 1) Šņūņajeva-Zeldoviča efektu, 2) galaktiku rotāciju un 3) gravitācijas lēcņu novērojumus. Visas trīs metodes kļuva robežās deva salīdzināmus rezultātus par galaktiku kopas masu $M=(2,6\pm 1,5)\times 10^{14} M_{\odot}$ ($M_{\odot}=1,99\times 10^{30}$ kg ir Saules masa). Šāds masas lielums atbilst masīvai galaktiku kopai, pie kam tumšā matērija veido ap 90%. Spektroskopiskie novērojumi par smago elementu koncentrāciju (zvaigžņu kodolreakciju produkti ar atomsvaru lielāku par He) liecina par jaunu zvaigžņu klātbūtni, kuru vecums nepārsniedz 500 milj. gadu. Tas apstiprina galaktiku aktivitāti un galaktiku kopas veidošanās modeli agrīnā Visumā [5].

Pēc Čandras kosmiskās observatorijas iegūtā rentgenstarojuma topogrāfijas novērtēja galaktiku kopas aktīvos apgabalus (5. att.). Vislielākā aktivitāte novērota centrālajā kopas apgabalā (izmēri ~160 000 gg). Šis apgabals ir lielāks par mūsu Piena Ceļa galaktiku ar diametru ap simts tūkstošiem gaismas gadu. Blakus šim centrālajam apgabalam novēroti divi mazāka izmēra sfēriski rentgenstarojuma apgabali (*point sources*, 5. att. b). Rentgenstarojums rodas karstā starpgalaktiku vides

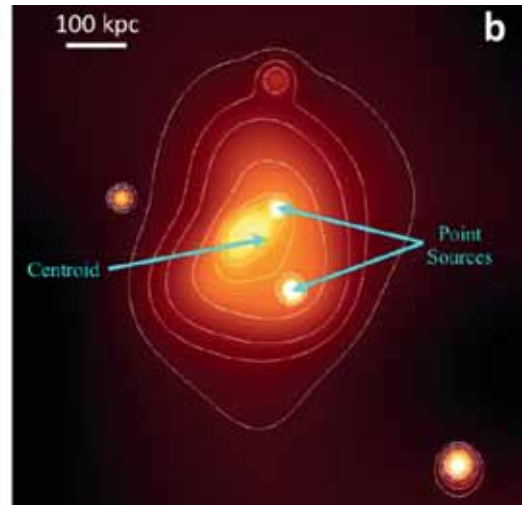
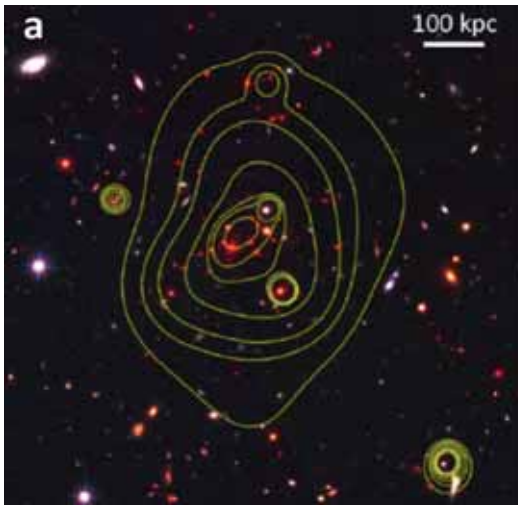


4. att. Galaktiku kopas *IDCS J1426.5+3508* kompleksais attēls uzņemts ar Habla kosmisko teleskopu (2012. gadā), Čandras rentgenstaru teleskopu (*zilā krāsa*) un Spicera infrasarkanā teleskopu (*sarkanā krāsa*). Rentgenstarojums aptver gan pašas galaktikas, gan arī starpgalaktiku vidi. Galaktiku kopas sarkanā nobīde $z=1,75$ ar attālumu ~10 mljrd. gg no Zemes. Galaktiku kopas masa ir $\sim 5\times 10^{14} M_{\odot}$ ($M_{\odot}=1,99\times 10^{30}$ kg ir Saules masa). [8]

plazmā kopas centrālajā daļā. Interesants ir novērojums par starpgalaktiku vidi, kurā, atšķirībā no pašas kopas galaktikām, netika novēroti metāliskie kodolreakciju produkti. Šis novērojums atklāj zvaigžņu un starpzvaigžņu vides mijiedarbības procesus. Kopas rentgenstarjauca atbilst $1,28\times 10^{38}$ W. Galaktiku kopa ir mijiedarbībā ar citu masīvu zvaigžņu sistēmu, kas liecina par Visuma tendenci veidot lielus kompleksus agregātus jau samērā agrā evolūcijas stadijā [9].

3. Galaktiku kopa JKCS 041

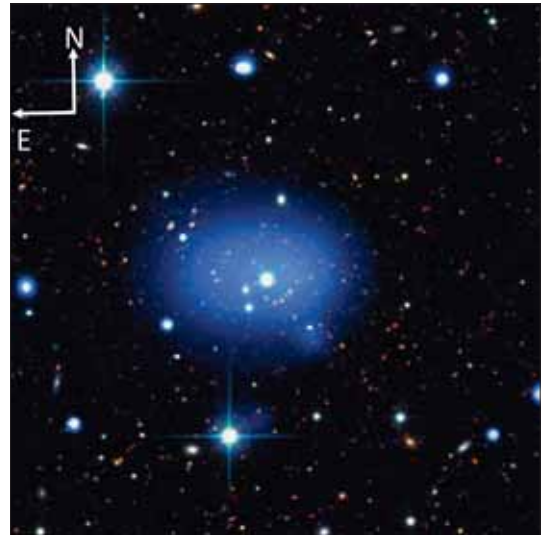
Pētījumus par galaktiku kopu *JKCS 041* pēdējos gados veica divas astronomu grupas – profesora Stefano Andreona (Itālija) un jaunā, talantīgā Kalifornijas Tehnoloģiskā institūta zinātnieka Endrū Ņūmena (*Andrew Newman*) vadībā [10, 11, 12, 13]. Profesora Andreona pētījumi saistās ar galaktiku ko-



5. att. Galaktiku kopas IC 1426.5+3508 attēls: **a** – ar Habla kameru. **b** – ar Čandras rentgenstaru teleskopu 0,5 līdz 2 keV diapazonā: centrālais spožais laukums – kodols (*Centroid*) un divi mazākie avoti (*Point sources*). Baltās kontūrlīnijas atbilst Čandras detektora signāliem leņķiskā apgabalā 0,492"x0,492" (signāla lielums no perifērijas uz centru 0,011, 0,016, 0,022, 0,038, 0,065, 0,085 un 0,15). Vislielākā intensitāte ir dzeltenā krāsā. Ar šiem mērījumiem noteica galaktiku kopas summāro rentgenstarojumu $L = 1,28 \times 10^{38}$ W. Attēla izmēri 9x9 milj. gg. [9]

pām un tumšo matēriju *Euclid* programmas ietvaros. E. Nūmens ir Kārnegī observatorijas līdzstrādnieks un aktīvi piedalās tālo galaktiku pētījumos. Astrofiziķu grupās darbojas zinātnieki no Amerikas, Itālijas, Francijas un Vācijas universitātēm un observatorijām. Abas astrofiziķu grupas īpašu vērību pievērša novērojumiem ar Čandras rentgenteleskopu [10]. Rentgenstarojums galaktiku kopās rodas gan starpgalaktiku vides plazmā, gan aktīvās galaktikās, kuru sastāvā ir jaunas zvaigznes. Rentgenstaru mērījumi dod iespēju novērtēt arī galaktiku kopas starojuma jaudu un plazmas temperatūru. Starpgalaktiku plazma ir retinātu ūdeņraža un hēlija atomu kodolu un elektronu maisījums ar neredzami smago elementu jonu klātbūtni. Gravitācijas laukā lādētās daļiņas tiek paātrinātas, un rentgenstarojums rodas ātro elektronu mijiedarbībā ar protoniem un hēlija kodoliem miglājos.

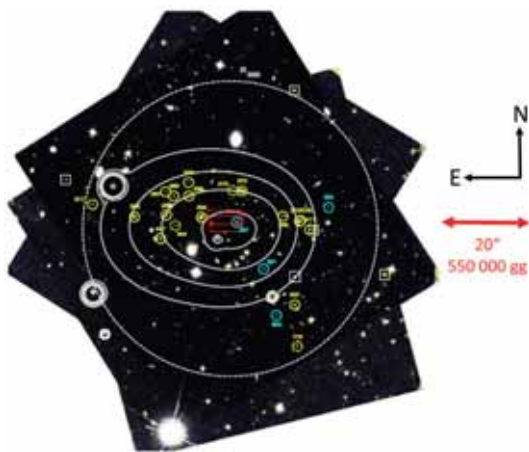
Galaktiku kopu JKCS 041 ar HKT novēroja jau 2009. gadā (sintezētais attēls ar Čandras rentgenteleskopu un ļoti lielo teleskopu (*Very Large Telescope*) redzamā spektra diapazonā 6. att.) [10]. Galaktiku kopa atrodas



6. att. JKCS 041 galaktiku kopas sintezētais attēls ar Čandras teleskopu (zilā krāsā) un ļoti lielo teleskopu VLT redzamā spektra diapazonā. Galaktiku kopa atrodama Valzivs zvaigznājā ($z=1,9$, ~10 miljrd. gg attālumā no Zemes). Attēla leņķiskie izmēri ir 5'x5' atbilstoši lineāriem 15x15 milj. gg. [10, 11]

ziemeļu puslodes Valzivs zvaigznājā ($z=1,9$, attālums no Zemes ~ 10 miljrd. gg). Profesora Andreona grupa ar rentgenteleskopu noteica kopas centrālā aktīvā apgabala izmērus (~ 300 kpc $\approx 10^6$ gg – *baltā* centrālā kontūra 7. att.) un rentgenstarjaudu $L = (7,6 \pm 0,5) \times 10^{37}$ W [11]. Galaktikas kopas masa $M \approx 3 \times 10^{14} M_{\odot}$ atbilst masīvai kopai. Nedaudz vēlāk šī pētnieku grupa precizēja kopas JKCS 041 izmērus un attālumu pēc sarkanās nobīdes z . Vislabākā metode z noteikšanai ir spektroskopiskie viļņu garumu (λ) mērījumi labi zināmai kvantu pārejai, pie kam novērotājs uz Zemes (λ_N) uztver palielinātu viļņa garumu $\lambda_N = \lambda(z+1)$. Tā kā optiskais signāls no tāliem objektiem ir vājš, līdzās spektroskopiskajai metodei izstrādāts jutīgāks fotometrisks paņēmieni z novērtēšanai ar gaismas filtru palīdzību [14]. Šo metodi izmantoja arī profesora Andreona grupa un JKCS 041 kopai novērtēja $z=2,20 \pm 0,11$.

A. Nūmena grupa, papildinot sāktos pētījumus, detalizēti pētīja galaktiku kopas



7. att. JKCS 041 galaktiku kopas attēls ar HKT kameru WFC3: dzeltenie apli – neaktīvās galaktikas, sarkanie taisnstūri – kopas centrālais kodols, zilie apli – novērotie zvaigžņu veidošanās apgabali; četri baltie riņķi – Čandras teleskopa mērījumi (0,3-2,0 keV); baltie kvadrāti – galaktikas ārpus šīs galaktiku kopas. Attēla izmēri (lielais aplis ar pārtraukto līniju) $\sim 2,3$ milj. gg. [11, 12]

struktūru un parametrus. JKCS 041 kopā ietilpst 19 galaktikas, no kurām 15 ir neaktīvas jauno zvaigžņu veidošanās. Mierīgās galaktikas atver iespējas labāk novērot procesus apkārtējā starpgalaktiku vidē. Novēroja gan neaktīvās (*dzeltenie apli*), gan aktīvās galaktikas (*zilie apli*), kā arī centrālos rentgenstaru avotus – *sarkanie taisnstūri* centrā (7. att.) [12]. Pateicoties Čandras rentgenteleskopa augstai leņķiskai un lineārai izšķirtspējai, šādi novērojumi kļuva iespējami. A. Nūmena grupa pēc smago elementu koncentrācijas galaktikas emisijas spektros novērtēja zvaigžņu vecumu, kas izrādījās ap 500 milj. gadu. Novērojumi JKCS 041 galaktiku kopā parādīja tās līdzību ar IDCS 1426 galaktiku kopu.

4. Galaktiku kopā CL J1001+0220

Galaktiku kopu CL J1001+0220 kosmiskās evolūcijas izpētes programmas Cosmic Evolution Survey ietvaros atklāja 2016. gada jūnijā, un atklāšanas brīdī tā bija vistālākā novērotā kopa ar $z=2,5$ un attālumu 11,1 miljrd. gg no Zemes (8. att.) [15]. Tālo kopu CL J1001+0220 detalizēti pētīja astronomu grupa profesora Tao Wang (Nankingas universitāte, Ķīna) vadībā, kurā piedalījās zinātnieki no Ķīnas, Francijas, Somijas, Holandes, Čīles, Korejas, Vācijas un Anglijas universitātēm un observatorijām. Šī grupa novērojumiem izmantoja pasaules labākos teleskopus no rentgenstariem līdz radioviļņiem, tostarp Atakamas Lielo milimetru viļņu antenu režģi ALMA, kas milimetru radioviļņu diapazonā deva precīzus sarkanās nobīdes mērījumus.

Galaktiku kopā CL J1001+0220 ietilpst 17 galaktikas, no kurām 11 ir aktīvas un masīvas ar masu $M > 10^{11} M_{\odot}$. Lielais zvaigžņu rašanās ātrums raksturo kopas nelielo vecumu. Līdz šim tik tālas aktīvas galaktiku kopas nebija novērotas. Jauno zvaigžņu rašanās ātrums galaktiku kopas centrā sasniedz rekorda lielumu $\sim 3400 M_{\odot}$ gadā (9. att.). Spēcīgais rentgenstarojums kopas centrā liecina par masīvu melno caurumu. Zvaigžņu rašanās ātrums galaktiku kopā ir daudz lielāks nekā

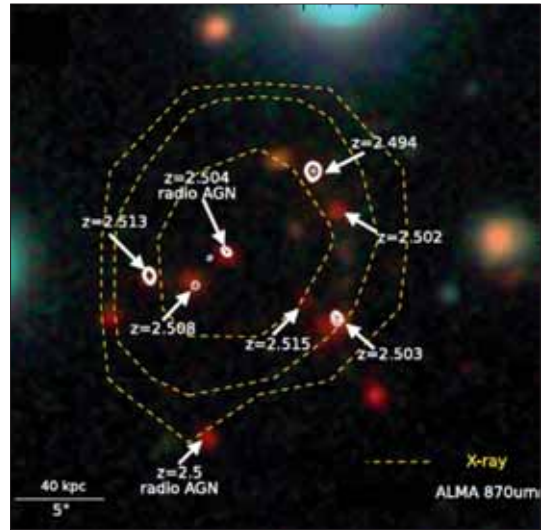


8. att. Galaktiku kopas CL J1001+0220 (11,1 mljrd. gg no Zemes) kompleksais attēls $z=2,506$ uzņemts ar Čandras teleskopu (violetā krāsa), Atakamas radioteleskopu režģi ALMA (zilā krāsa) un Ultra VISTA teleskopu infrasarkanā diapazonā (sarkanā krāsa). Galaktiku kopā ietilpst 17 galaktikas, no kurām 11 ir aktīvas jauno zvaigžņu veidošanās. [15]

citās tālās galaktiku kopās un ir simtiem reižu lielāks nekā mūsu Piena Ceļa galaktikā. Viss tas liecina, ka kopa CL J1001+0220 atrodas aktīvā evolūcijas stadijā (angl. *protocluster*). Summārais rentgenstarojums ir $L = 8,8 \times 10^{36} \text{ W}$. Rentgenstarojums rodas karstā starpgalaktiku plazmā, kuras temperatūra novērtēta no viena miljona līdz simts miljoniem kelvinu [15].

5. Visuma trīsdimensionālā struktūra

Viena no centrālajām COSMOS programmas problēmām ir sakarība starp liela mēroga struktūrām LSS un zvaigžņu un galaktiku veidošanos Visumā. Tam nolūkam paredzēta liela mēroga kartogrāfija Visuma evolūcijas etapā aptuveni trīs miljardus gadu pēc Lielā Sprādziena. Šajā etapā bija izveidojušās pirmās galaktiku kopas un pašas galaktikas bija aktīvas zvaigžņu veidošanās [7]. Līdz šim Visuma kartes saistās ar galaktiku pozīcijām bez informācijas par starpgalaktiku vidi. Tā kā Visuma starojošā masa pamatā ir ūdeņradis un



9. att. Galaktiku kopas CL J1001+0220 centrālā apgabala attēls (30"x30" atbilst 1,2x1,2 milj. gg). Sarkanā nobīde $z=2,506 \pm 0,018$ (attālum 11,1 mljrd. gg). Baltie apli centrā ir masīvās ($M \geq 10^{11} M_{\odot}$) aktīvās galaktikas apgabalā ar diametru 300 000 gg; baltās bultiņas z no dažādām galaktikām noteikts pēc ALMA 870 μm radioviļņu starojuma; sarkanie plankumi – neaktīvās galaktikas ārpus galaktiku kopas centrālā apgabala; oranžās pārtrauktās līnijas – Čandras teleskopa rentgenstarojuma (0,5-2,0 keV) mērījumi. [15]

gravitāciju nosaka tumšā matērija, kuru tieši novērot nevar, kartēšanai (angl. – *mapping*) gribēja izmantot ūdeņradi (1. att.). Ūdeņradi var novērot pēc ūdeņraža atoma Lyman-alpha absorbcijas pārejas ar viļņa garumu $\lambda_0 = 122 \text{ nm}$ (ZvD, 2013/14, Ziema (222), 2.-6. lpp.). Visuma izplešanās dēļ novērotājs uz Zemes uztver starojumu ar garāku viļņa garumu, un pie dažādiem objektu attālumiem (dažādiem z) novērotājs uz Zemes uztver plašu ūdeņraža atomu spektru – "Laimana mežu" (2. att.).

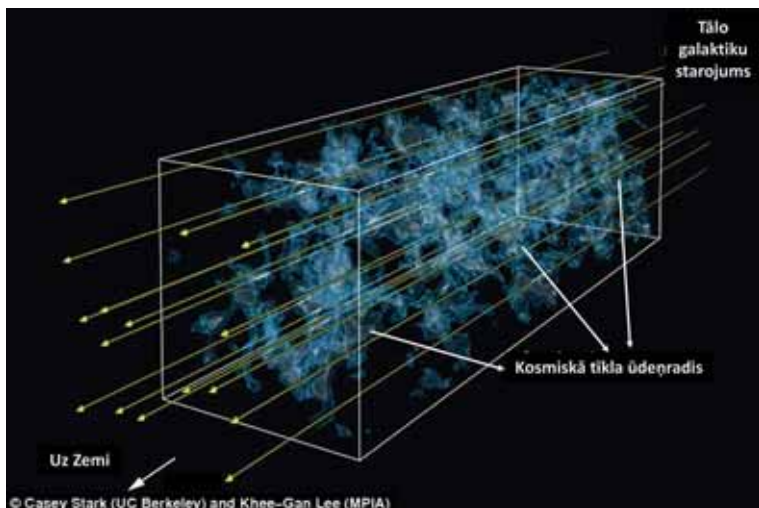
Novērojumu apstrādei izmantoja jaunu paņēmieni – datortomogrāfiju, kas atsedz objekta telpisko struktūru. Datoru rentgenomogrāfiju medicīnā izmanto jau kopš pagājušā gadsimta sešdesmitajiem gadiem, un tā ir neaizstājama metode visdažādākajās medicīnās nozarēs. Astronomijā tomogrāfija

ir jauna metode, kas tika izstrādāta Maksa Planka Astronomijas institūtā Heidelbergā (Vācija) sadarbībā ar Kalifornijas universitāti (ASV) un vēl sešām universitātēm (Japāna, Holande, Francija, Itālija) starptautiskās programmas COSMOS ietvaros. Astronomijas institūts Heidelbergā jau daudzus gadus nodarbojas ar tālo galaktiku un Visuma evolūcijas pētījumiem. Šiem pētījumiem vajadzīgi labi optiskie teleskopi ar augstu starojuma uztverēju jutību. Starptautisko pētījumu vadītājs ir jauns talantīgs astronoms Khee-Gan Lee – dzimis Malaizijā, studējis Londonas universitātes koledžā, ieguvis doktora grādu Prinstonas universitātē un pēc aizstāvēšanās strādāja kā zinātniskais līdzstrādnieks (postdoc) Maksa Planka Astronomijas institūtā Heidelbergā. Šai institūtā tradicionāli projektu vadību uztic jauniem zinātniekiem. K-G. Lee novērojumiem izvēlējās Keka teleskopu Havajā 4100 m augstumā un šo teleskopu raksturoja vārdiem: “Es biju pārsteigts, kad novērtēju Keck 1 teleskopa gaismas jutību, kas bija pietiekama, lai pēc ūdeņraža atomu absorbcijas no tālām galaktikām sastādītu trīsdimensionālas Visuma kartes, kaut gan ar zemāku izšķirtspēju nekā ar nākotnes teleskopiem” [16].

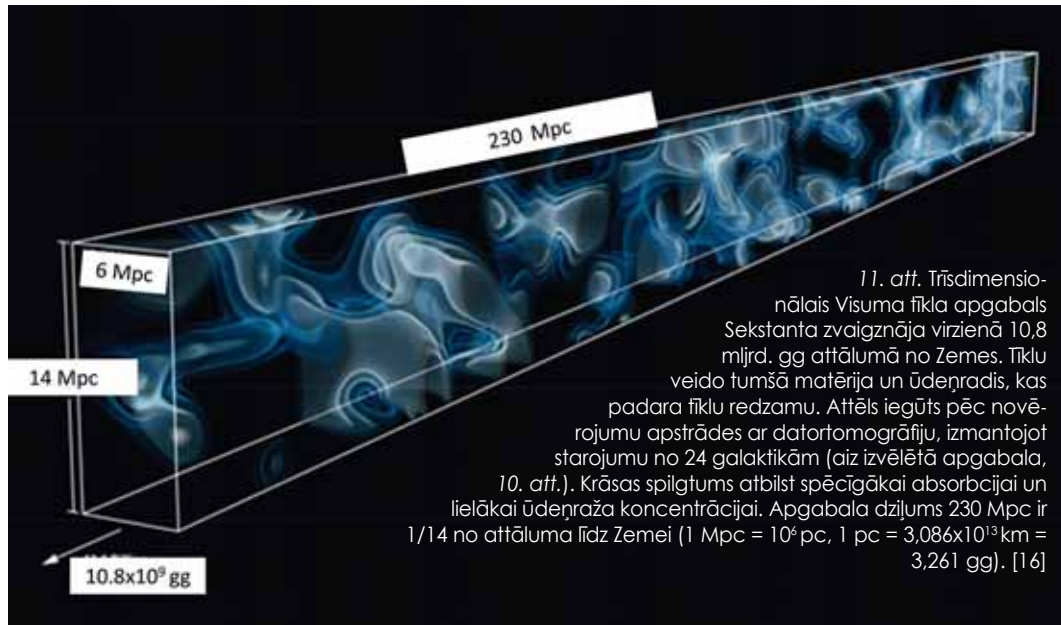
Tomogrāfija astronomijā ir daudz sarežģītāka nekā rentgentomogrāfija medicīnā. Pirmā problēma ir gaismas avoti, kuri ir vajadzīgi liela mēroga kosmosa apgabalam. K-G. Lee astrofiziku grupa šim nolūkam izvēlējās 24 galaktikas, kas atrodas aiz izvēlētajā novērojamā kosmiskā apgabala. Šo galaktiku attālums no Zemes ir lielāks nekā 11 mljrd. gg (10. att.). Tomogrāfiskiem novērojumiem izmantoja šo tālo galaktiku summāro starojumu (katra galaktika

kalpoja kā gaismas avots!) lielā kosmosa tilpumā dienvidu puslodes Sekstanta zvaigznāja virzienā. Ar Keck 1 teleskopu novēroja un analizēja Visuma apgabalu 10,8 mljrd. gg attālumā no Zemes (11. att.) ar šķēsgriezumu (14x6) Mpc un dziļumu 230 Mpc novērošanas virzienā (1 pc = $3,086 \times 10^{13}$ km = 3,261 gg, 1 Mpc = 10^6 pc). Vienā novērojumu ciklā varēja aptvert Visuma tilpumu $\sim 7 \times 10^{23}$ (gg)³. Novērojumus traucēja sliktie meteoroloģiskie apstākļi, kas samazināja aktīvo novērošanas laiku – tikai četras stundas no projektam izdelfitā. Novērojumiem izmantoja ūdeņraža Laimana absorbcijas līnijas dažādos attālumos no Zemes (2. att.).

Attēls iegūts pēc sarežģītas datorapstrādes, kas atšifrēja miljoniem mezglu punktu dažādās plaknēs no tāliem objektiem ceļā uz Zemi. Datoru programmai bija jāatšifrē ne tikai absorbētā starojuma intensitāte, bet arī signāli ar dažādiem viļņu garumiem, kas izmainījās līdz ar attālumu no Zemes ($\lambda_n = \lambda_0(z+1)$). Datorapstrādē izšķirīgu risinājumu deva Kalifornijas universitātes profesors



10. att. Tomogrāfijas metode astronomijā: tālo galaktiku gaisma (dzeltenās bultiņas) absorbējas kosmiskā tīkla ūdeņraža atomos dažādos attālumos no Zemes (Laimana alfa līniju mezgs, 2. att.). Novērojumi pēc datorapstrādes atsedz Visuma apgabala telpisko (trīsdimensionālo) struktūru. [16]



11. att. Trīsdimensio-
nālais Visuma tīkla apgabals
Sekstanta zvaigznāja virzienā 10,8
mljrd. gg attālumā no Zemes. Tīklu
veido tumšā matērija un ūdeņradis, kas
padara tīklu redzamu. Attēls iegūts pēc novē-
rojumu apstrādes ar datortomogrāfiju, izmantojot
starojumu no 24 galaktikām (aiz izvēlēta apgabala,
10. att.). Krāsas spilgtums atbilst spēcīgākai absorbcijai un
lielākai ūdeņraža koncentrācijai. Apgabala dziļums 230 Mpc ir
1/14 no attālumā līdz Zemei ($1 \text{ Mpc} = 10^6 \text{ pc}$, $1 \text{ pc} = 3,086 \times 10^{13} \text{ km} = 3,261 \text{ gg}$). [16]

Martin White un viņa aspirants Casey Stark, kuri izstrādāja speciālu datorprogrammu, kas desmitkārtīgi paātrināja novērojumu apstrādi [16].

Novērojumu rezultāti parādīti 11. att. Attēlā parādīts novērotais apgabals ar izmēriem (14x6x230) Mpc. Teleskopa lineārā izšķirtspēja bija 3,5 Mpc. Attēla dziļums 230 Mpc = 750×10^6 gg atbilst aptuveni 1/14 daļai no objektu attāluma līdz Zemei. Aplūkotais apgabals Visuma izplešanās dēļ atbilst Visuma evolūcijas etapam, kad jau izveidojās lielākas kosmiskās struktūras (galaktiku kopas) un pašas galaktikas bija aktīvas jauno zvaigžņu veidošanās.

Visums pamatā sastāv no tumšās matērijas un ūdeņraža (1. att.), kas arī atbilst novērotajam Visuma tīklam. Tā kā tumšā matērija gaismu neizstaro, Visuma telpiskā struktūra redzama pēc ūdeņraža Laiman-alfa līnijas absorbcijas (zilā krāsa 11. att.), pie kam krāsas spilgtums ir proporcionāls ūdeņraža koncentrācijai. K-G. Lee grupa pirmo reizi atklāja agrīnā Visuma makroskopisko struktūru. Tumšā matērija neizstaro, bet saista lielos daudzumos ūdeņraža gāzes, ko var novērot.

K-G. Lee un viņa kolēģi analizēja citu astronomu grupu rezultātus par tālām galak-

tikām un galaktiku kopām. Izrādījās, ka šo galaktiku pozīcijas sakrīta ar novērotā tīkla mezgliem. K-G. Lee un viņa kolēģi uzskata, ka galaktikas veidojās kosmiskā tīkla mezglu apgabalos. Šie pirmie rezultāti par kosmosa struktūru iegūti ar teleskopu, kura lineārā izšķirtspēja ir 3,5 Mpc. K-G. Lee publikācijā uzsver, ka novērotās struktūras interpretācija prasa papildu novērojumus, izmantojot teleskopus ar lielāku izšķirtspēju un lielāku starojuma uztvērēju jutību [16].

Galvenais K-G. Lee grupas rezultāts ir tomogrāfijas metodes lietošana Visuma struktūras pētījumos. Pirmā Visuma tīkla karte atklāja struktūru apgabalā ar tilpumu $\sim 7 \times 10^{23}$ (gg)³. Tas vēl ir mazs, ņemot vērā Visuma izmērus. Tomēr šis solis ir principiāls un paver jaunu skatu uz Visumu. Nākotnes teleskopi, piemēram, 39 m optiskais teleskops Atakamā, kura celtniecība tikko sāka, atklās ne tikai kosmiskā tīkla struktūru, bet arī noskaidros, kā pirmatnējā ūdeņraža gāze pa kosmisko tīklu nonāk galaktikās. Pakāpeniski soli pa solim var aptvert plašus Visuma apgabalus, kuru novērošana ir ietverta COSMOS programmā [7]. Ar tomogrāfiju šāds gigantisks tilpums tika analizēts pirmo reizi, un šos rezultātus K-G. Lee nesen prezentēja starptautiskā konferencē

Berlinē, būdams jau Habla stipendiāts (*Hubble Fellow*) un *Lawrence National Lab* līdzstrādnieks [17].

6. Neizsmejamais Visums

Iepriekš aplūkotās galaktiku kopas ir ap 11 miljardu gaismas gadu attālumā no mums, kas atbilst Visuma attīstības etapam ap trīs miljardi gadu pēc Lielā Sprādziena. Visas šīs kopas ir samērā masīvas, ar dažādas aktivitātes galaktikām. Rentgenstarojums un radioviļņi raksturo gan starpgalaktiku vides (ūdeņraža miglāji), gan jauno zvaigžņu rašanās apgabalu. Tas viss dod jaunus atziņas par Visuma evolūciju. Jauns atklājums ir trīsdimensionālās kosmiskās struktūras – ūdeņraža tīkli, kas radās tai pašā Visuma evolūcijas etapā. Katrs jauns atklājums izraisa arī jaunus problēmas par Visumu un tā evolūciju. Tālākie novērojumi parādīs, vai kosmiskais tīkls lielos mērogos ir izotropis un atbilst kosmoloģiskajam principam, pēc kura Visums lielos mērogos ir homogēns un ko jau pagājušā gadsimta trīsdesmitajos gados izvirzīja ievērojamais britu astronoms Edvards Arturs Milns (*Edward Arthur Milne*, 1896-1950). Katrs tālo objektu novērojums atsedz tikai mirkli Visuma attīstībā. Lai kaut cik izprastu šo evolūcijas procesu, ir vajadzīgi vēl daudzu mirkļu novērojumi no vēl tālākiem un arī tuvākiem objektiem. Visums patiešām ir unikāls, un var piekrist sengrieķu filozofa Heraklīta (535-475 p. Kr.) intuiīvam spriedumam: “*Nekas nav pastāvīgs – pastāvīgas ir tikai pārmaiņas.*”

Literatūra

- [1] “G. Abell, astronomer who discovered a galaxy”. – *Chicago Tribune* – Chicago Ill, Oct. 9 1983, p. C22.
- [2] *Eddington, Arthur*. The Nature of the Physical World. – *MacMillan*. 1935 replica edition: ISBN 0-8414-3885-4.
- [3] *Zwicky, F.* On the Masses of Nebulae and of Clusters of Nebulae. – *ApJ*, **86**, 217, 1937 DOI: 10.1086/143864.
- [4] *Ade, P.A.R. et al.* Planck 2013 results. I. Over-

- view of products and scientific results. – arXiv: submit/0674450 [astro-ph.CO], 21 Mar 2013.
- [5] *Knebe, Alexander*. Galaxienhaufen. – *Astrophysikalisches Institut Potsdam* <http://hometown.aol.com/nljo/como.htn>.
 - [6] *Menanteau, Felipe et al.* The Atacama Cosmology Telescope: Physical Properties of Sunyaev-Zel'dovich Effect Clusters on the Celestial Equator. – arXiv: 1210.4048v2 [astro-ph.CO], 8 Jan 2013.
 - [7] *Scoville, N. et al.* The Cosmic Evolution Survey (COSMOS): Overview. – *ApJS*, **172**, 1-8, 2007.
 - [8] <http://www.nasa.gov/chandra>
 - [9] *Brodwin, Mark et al.* IDCS J1426.5+3508: The Most Massive Galaxy Cluster at $z > 1.5$. – arXiv: 1504.01397v2 [astro-ph.CO], 29 Dec 2015.
 - [10] X-ray: NASA/CXC/INAF/S.Andreon et al. Optical: DSS; ESO/VLT.
 - [11] *Andreon, S.; Weaver, B.* Bayesian Methods for the Physical Sciences. Learning from Examples in Astronomy and Physics. – Springer, Switzerland, 2015, DOI: 10.1007/978-3-319-15287-5_1.
 - [12] *Andreon, S.; Maughan, B.; Trinchieri, G.; Kurk, J.* JKCS041: a colour-detected galaxy cluster at $z_{\text{phot}} \sim 1.9$ with deep potential well as confirmed by X-ray data. – arXiv.0812.1699v2 [astro-ph], 19 Oct 2009.
 - [13] *Newman, Andrew B. et al.* Spectroscopic Confirmation of the Rich $z=1.80$ Galaxy Cluster JKCS 041 using the WFC3 Grism: Environmental Trends in the Ages and Structure of Quiescent Galaxies. – *ApJ*, **788**, 51 (26 pp.), 2016.
 - [14] *Bolzonella, Micol et al.* Photometric Redshifts based on standart SED fitting procedures. – *A&A*, arXiv:astro-ph/00033380v2, 4 Oct 2000.
 - [15] *Wang, Tao et al.* Discovery of a galaxy cluster with a violently starbursting core at $z=2.506$. – arXiv:1604.07404 [astro-ph.GA], 30 Aug 2016.
 - [16] *Lee, Khee-Gan et al.* Lya Forest Tomography from Background Galaxies: the First Megaparsec-Resolution Large-Scale Structure Map at $z > 2$. – *ApJL*, **795**, L12, 2014.
 - [17] *Lee, Khee-Gan.* Mapping the $z > 2$ Cosmic Web with 3D Lya Forest Tomography. – Inter-galactic Medium conference “From Wall to Web”, Berlin, Germany, July 24-29, 2016. D

MĀRTIŅŠ GILLS

DAUDZVĒSTNEŠU ASTRONOMIJAS PIETEIKUMA DIENA

Ne pārāk bieži gadās būt lieciniekam paziņojumiem par būtiskiem zinātnes atklājumiem un jauna astronomijas virziena iedzivināšanu. Iesākums šim emocionālajam atmiņu nospiedumam bija 2017. gada oktobrī izplatītais ESO paziņojums, ka pirmdienas, 16. oktobra pēcpusdienā pl. 17:00 pēc Latvijas laika notiks preses konference, kurā būs paziņojums par līdz šim nebijušu atklājumu. Izklaušījās pietiekami intriģējoši (jo nopietnas zinātniskas institūcijas bez iemesla ar sensacionāliem paziņojumiem nesteidzas), lai ielānotu laiku šīs preses konferences vērošanai tiešraidē.

Preses konferencē paziņoja par līdz šim tikai teorētiski modelēta notikuma – neitronu zvaigžņu saplūšanas – novērojumiem (sk. rakstu šajā *ZvD numurā*), kas iesākās ar līdz šim neregistrētu veida gravitācijas viļņu signāla GW170817 reģistrēšanu, bet pēc tam sekoja novērojumi gamma staru, optiskajā un radio diapazonā. Paralēli ESO rīkotajai preses konferencē līdzīgu pasākumu rīkoja ASV Nacionālais zinātnes fonds (*National Science Foundation*), kur ap divu stundu garā pasākumā bija informācija gan par gravitācijas viļņu observatoriju paveikto, gan tam sekojošu citu observatoriju iesaisti. Abu preses konferenču ieraksti ir atrodamī *Youtube* videokrātuvē. Šā nelielā raksta publicēšanas brīdī daudzos preses un populārzinātniskos avotos būs publicēta detalizēta informācija par atklājuma apstākļiem un veiktajiem novērojumiem 2017. gada 17. augustā pl. 12:41:04

16.okt.2017. preses konferenču ieraksti:

ESO Galvenā pārvalde Garhingā (*Headquarters*) – www.youtube.com/watch?v=9ISr4julkDg

ASV Nacionālais zinātnes fonds (*National Science Foundation*) – www.youtube.com/watch?v=AFxLA3RGjnc

UTC un pēcāk.

Interesantākais šajā notikumu virknē bija tas, ka operatīvā un saskaņotā dažādo observatoriju darbība ļāva uzreiz pēc gravitācijas viļņu reģistrēšanas to korelēt ar gamma staru kosmisko teleskopu Fermi un *INTEGRAL* reģistrētu gamma starojuma uzliesmojumu. 11 stundas vēlāk ESO ieguva gravitācijas viļņu starojuma avota attēlus optiskajā diapazonā, un novērojumos iesaistījās arī citas observatorijas – uz Zemes un orbītā ap to. Tomēr tieši atklājums optiskajā diapazonā tika veikts ar citu Čīlē bāzētu teleskopu – *Las Campanas* observatorijā esošo 1 metra teleskopu *Swope*. Viena notikuma reģistrēšana divās atšķirīgās vidēs un veidos (jeb no diviem atšķirīgiem vēstnešiem) ir pieteikums daudzvēstnešu (angliski – *multi-messenger*) astronomijai – gravitācijas viļņos un plašā elektromagnētiskajā diapazonā.

Taisnības labad jāsaka, ka vēsturiski pirmais daudzvēstnešu astronomijas gadījums bija 1987. gada februārī, kad pārnovu SN 1987A* reģistrēja gan optiskajā diapazonā, gan ar neitrīno teleskopiem. Tomēr šobrīd observatorijas ir ieguvušas jaunu koordinētas darbošanās pakāpi, kas dos iespēju palauties ne tikai uz veiksmi, bet retiem notikumiem būt labi sagatavotiem.

* Sk. rakstus *ZvD*: Začs L. Pārnova Lielajā Magelāna Mākonī. – 1987/88, Ziema (118), 21.-24. lpp.; *Grasbergs E., Miežis J.* 1987. gada galvenais notikums astronomijā. – 1988/89, Ziema (122), 2.-8. lpp.

ESO TELESKOPI UN *HABLS* PIRMOREIZ NOVĒRO GRAVITĀCIJAS VIĻŅU AVOTU

Eiropas Dienvidobseruatorijas *ESO* teleskopi Čīlē un *NASA/ESA* *Habla* kosmiskais teleskops ir atraduši gravitācijas viļņu pirmo redzamo avotu. Šie vēsturiskie novērojumi liecina, ka šis unikālais objekts ir divu neitronu zvaigžņu saplūšanas sekas. Šīs kosmiskās katalizmas – teorētiski sen paredzēta¹ notikuma rezultātā viscaur Visumā tiek izkaisīti smagie elementi, tādi kā zelts un platīns (sk. vāku 1. lpp.). Šis atklājums vēl arī sagādā stingrākos pierādījumus, ka īslaicīgos gamma staru uzliesmojumus izraisa neitronu zvaigžņu apvienošanās. Pirmo reizi astronomi ir uztvēruši abus² – kā gravitācijas viļņus (skaņus), tā gaismu (elektromagnētisko starojumu) no tā paša avota, pateicoties kā *ESO*, tā citu pasaules observatoriju astronomu kopīgajām pūlēm un ātrai reakcijai (sk. 2. att.).

2017. gada 17. augustā lāzerinterferometru pāris *LIGO* ASV, sadarbojoties ar *Virgo* interferometru Itālijā, uztvēra Zemi šķērsojošos gravitācijas viļņus (GV). Šis jau piektais reģistrētais gadījums tika nosaukts *GW170817*.

¹ Balklavs A. Gravitācijas starojums – teorija un prakse. – *ZvD*, 1992, Pavasaris (135), 2.-7. lpp.

² Balklavs A. Jaunas gravitācijas viļņu detekcijas iespējas. – *ZvD*, 1984, Vasara (104), 24.-25. lpp.



2. att. **GW170817: vispasaules astronomijas notikums.** Karte ar apmēram 70 virszemes observatorijām, kas uzgāja gravitācijas viļņa notikumu, nosauktu *GW170817*. 17. aug. 2017. *LIGO* un *Virgo* uztvērēji ievēroja gravitācijas viļņus no divām saplūstošām neitronu zvaigznēm. Virszemes teleskopi visapkārt zemeslodei, to skaitā septiņi *ESO* teleskopi, novēroja sadursmes atbalsi notikumam sekojošajās stundās, dienās un nedēļās. *ESO* teleskopi bija galvenie palīdzības sniegšanā, lai precīzi noteiktu neitronu zvaigžņu atrašanās vietu un identificētu smago elementu, tādu kā zelts, pazīmes sadursmē izdzītajā vielā.

Nopelni: *LIGO-Virgo*

Apmēram divas sekundes pēc šī notikuma divu orbitālo observatoriju – *ESA*'s *INTEGRAL* teleskops un *NASA*'s *Fermi* gamma staru kosmiskais teleskops novēroja īsu gamma staru uzliesmojumu no tā paša debess apgabala. *LIGO-Virgo* observatoriju tīkls noteica avotu dienviņu debess plašā, miljoniem zvaigžņu saturošā apvidū. Atklājumam sekojošā nakī Čīlē teleskopu flotile (*ESO* apskata teleskopī *VISTA* un *VST*, *VLT*, *NTT*, *ALMA* u.c.) sāka savus meklējumus, lai noteiktu jaunu starojuma avotu. Visu laiku lielākajā daudzteleskopu novērojumu pasākumā to atrada lēcveida

galaktikā NGC 4993³ Hidras zvaigznājā. Ap 70 observatoriju visapkārt pasaulei arī vēroja šo notikumu, ieskaitot NASA/ESA Habla kosmisko teleskopu (sk. 3. att.).

Attāluma novērtējumi kā no GV datiem, tā citiem novērojumiem saskan: GW170817 atrodas tai pašā attālumā kā NGC 4993 – ap 130 miljoniem gaismas gadu no Zemes. Tādā veidā tas ir gan tuvākais līdz šim reģistrētais GV notikums, gan arī viens no tuvākajiem jebkad uztvertajiem gamma staru uzliesmojuma avotiem.

Gandrīz vienlaicīgā GV un gamma staru uztveršana no GW170817 iedvesa cerību, ka šis objekts ir tiešām sen meklētā kilonova⁴, un ar ESO aparatūru novērotās īpatnības ir ārkārtīgi tuvas pirms vairāk nekā 30 gadiem teorētiski paredzētajām, bet šis gadījums iezīmē pirmo apstiprināto novērojumu.

Par šo notikumu publicēti vairāki ziņojumi žurnālos *The Astrophysical Journal Letters*, *Nature* u.c. **2017. gada 16. oktobrī** tika oficiāli paziņots (sk. iepriekšējo rakstu) par gravitācijas viļņu GW170817 un divu neitronu zvaigžņu saistības atklāšanu, ievadot **jaunu ēru astronomijā**. GV notikums, saistīts ar šo uzliesmojumu, tieši apliecina, ka binārās neitronu zvaigznes sadursmes izraisa īso gamma staru uzliesmojumus.

³ NGC 4993 (arī NGC 4994) – eliptiska galaktika Hidras zvaigznājā, atklājis Viljams Heršels (F.W.Herschel) 1789. gadā.

⁴ Kilonova (makronova vai r-procesa supernova) – astronomisks notikums, kas sastopams dubultsistēmā, kad divas neitronu zvaigznes vai neitronu zvaigzne un melnais caurums saplūst. Spēcīgs elektromagnētiskais starojums rodas, sairstot smagajiem r-procesa joniem, kas tiek izraisīti un izdzīti diezgan izotropiski saplūšanas procesa laikā – līdzīgi blāvai, tīslaičigai pārnovai.



3. att. **Habls novēro pirmo kilonovu.** 2017. g. 17. augustā Lāzerinterferometrijas gravitācijas viļņu observatorijas LIGO (*Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory*) un Virgo interferometra (*Virgo Interferometer*) ierīces uztvēra gravitācijas viļņus no sadursmes starp divām neitronu zvaigznēm. 12 stundu laikā pēc notikuma optiskās observatorijas tika noteikušas viļņu avotu lēcveida galaktikā NGC 4993, kas parādīta šai ar NASA/ESA Habla kosmisko teleskopu iegūtā uzņēmumā. Neitronu zvaigžņu uzliesmojums – kilonova – ir skaidri redzams Habla novērojumos. Pirmo reizi gravitācijas viļņu avots tika uztverts optiskajā diapazonā. Habls novēroja kilonovas pakāpenisku "izbalēšanu" sešu dienu laikā starp 22. un 28. augustu (sk. iespaidumus).

Nopelns: NASA un ESA. Atzinība:

A.J. Levan (U. Warwick), N.R. Tanvir (U. Leicester) un A. Fruchter un O. Fox (STScI)

Pirmo reizi GV tika reģistrēti LIGO 2015. gadā, kura veidotāji 2017. gadā apbalvoti ar Nobela prēmiju fizikā par atklājumu.

Pēc 16.okt. 2017. ESO un ESA/Hubble zinātniskajiem paziņojumiem preseī eso1733 un heic1717

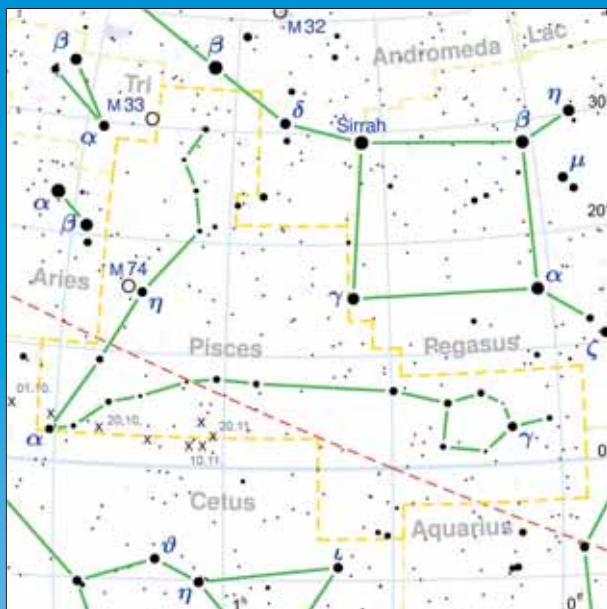
ASTEROĪDS "BALKLAVS"

2017. gada pirmajā pusē Starptautiskās Astronomu savienības darba grupa atbalstīja LU Astronomijas institūta Astrofizikas observatorijas Baldones Riekstukalnā virzīto priekšlikumu asteroīdam 2009 HW20 = Nr. 457743 piešķirt vārdu "Balklavs". Asteroīdu 2009. gadā atklāja institūta vadošais pētnieks Ilgmārs Eglītis novērojumos ar Baldones Šmidta teleskopu, orbītas elementus noteica Viļņas universitātes Teorētiskās fizikas un astronomijas institūta vadošais pētnieks Kazimiers Černis.

Atklāšanas brīdī (2009-04-18) asteroīds (pagaidu apzīmējums 2009 HW20) bija 21. lieluma objekts, kas atradās Jaunavas zvaigznājā. Vēlākajos gados asteroīds tika novērots piecu opozīciju laikā, lai precizētu tā orbītu. Atklātā asteroīda diametrs, vērtējot pēc tā absolūtā lieluma ($H=18,0$), ir 600-1500 m. Asteroīds ir Galvenās asteroīdu joslas objekts, kas apriņķo Sauli 3,77 gados pa nedaudz izstieptu orbītu ($e=0,11$). Pašlaik asteroīds Nr. 457743 jau ir pametis ziemeļu debesis. Nākošais novērošanas periods var notikt pusnakī Zivs zvaigznājā Urāna tuvumā pēc asteroīda kārtējās pietuvošanās Zemei 2018. gada oktobra vidū, kad tas būs 21,5. lieluma objekts.

LZA korespondētājoceklis Arturs Balklavs-Grīnhofs (1933-2005), kā vārdā ir nosaukts asteroīds Nr. 457743, ilggadējs LZA Radioastrofizikas observatorijas un vēlāk arī LU Astronomijas institūta, kas izveidots, apvienojot minēto LZA un LU observatorijas, direktors, ir bijis izcils administrators un astronomijas popularizētājs (<http://www.lu.lv/zvd/contents/>), kura zinātnisko pētījumu lauks bija radioastronomija. Atzīstot Balklava-Grīnhofa lielos nopelnus, LZA ir iedibinājusi viņa vārdā nosauktu balvu, kuru piešķir par izcilie sasniegumiem zinātnes popularizēšanā.

Ziņas par Baldones Astrofizikas observatorijā ar Šmidta teleskopu atklāto asteroīdu **2009 HW20 = nr.457743 = Balklavs** atrodamas



Asteroīda "Balklavs" atrašanās 2018. gada oktobrī/novembrī atzīmēta ar slīpiem krustīņiem ik pēc 10 dienām. Asteroīds met cilpu, jo Zeme savā kustībā pa orbītu to apsteidz. Sarkanā pārtrauktā līnija ir ekliptika.

IAU (*International Astronomical Union*) Mazo planētu centrā (*Minor Planet Center*) un NASA Kalifornijas Tehnoloģiju institūta *Jet Propulsion Laboratory* Mazo ķermeņu datubāzes pārlūkā (*JPL Small-Body Database Browser*).

Mazā planēta "Balklavs" ir jau 21. asteroīds, kura nosaukums saistās ar Latviju, un pieci no tiem atklāti Baldones observatorijā.

ŠOZIEM ATCERAMIES

Pirms **85 gadiem** – **1933. g. 2. janvārī** Rīgā dzimis radioastronoms *Dr.phys. Arturs Balklavs-Grīnhofs* (līdz 1993. gadam **Balklavs**), Starptautiskās Astronomijas savienības (1967) un Eiropas Astronomijas biedrības (1990) biedrs, LZA koresp. loc. (1993), LZA Senāta loceklis (1996-1998), LZA Radioastrofizikas observatorijas otrais (1969-1997) un LU Astronomijas institūta pirmais (1997-2005) direktors, "Zvaigžņotās Debess" otrais (1969-2005) atbildīgais redaktors. Miris 2005. g. 13. aprīlī Rīgā.

Latvijas Zinātņu akadēmijas iedibinātās (2006) Artura Balklava balvas laureātu vidū ir arī "ZvD" redakcijas kolēģijas locekļi – I. Vilks (2007), A. Alksnis (2008), I. Pundure (2008), M. Gills (2010). Sk. vairāk "Zvaigžņotajā Debess": Radioastrofizikim Arturam Balklavam – 70. – 2002/03, Ziema (178), 31.-44. lpp.; *In memoriam* Arturs Balklavs. – 2005, Vasara (188), 2.-14. lpp.; Arturam Balklavam – 75. – 2007/08, Ziema (198), 7.-15. lpp.

A. Balklavs daudzus gadu desmitus ir bijis Latvijas astronomijas līderis. Viņa vadībā pēc Jāņa Ikaunieka nāves tika izvēsta laba astronomijas zinātne Latvijā. Uzturot ciešus kontaktus ar PSRS ZA Astronomijas padomi un PSRS ZA Radioastronomijas padomi, gādāja, lai Latvijas Valsts universitāti beigušie LZA Radioastrofizikas observatorijas jaunie speciālisti stažētos vadošajās PSRS astronomiskajās iestādēs.

Vadījis Latvijas joslas laika atjaunošanas Valsts komisiju (1988-1989), bijis dedzīgs publicists Trešās atmodas laikā, aktīvi piedalījies 1991. gada janvāra barikāžu nedēļas notikumos un apbalvots ar Barikāžu dalībnieka piemiņas medaļu. Viņš

bija Latvijas patriots un nenogurstošs cīnītājs par Latvijas zinātni. Ar lielu atbildības izjūtu darbojās vairākās, tostarp Latvijas Zinātņu akadēmijas un Latvijas Zinātnes padomes (LZP) ekspertu komisijās, LZA un LZP ētikas komisijā (1998-2005).

Aktīvi iestājās pret tumsonības un mānificības izplatīšanos Latvijā, vairāku simtu populārzinātnisko un publicistisko rakstu un rakstu krājuma "Mūsdienu zinātne un Dievs" autors.

Latvijas Zinātnieku savienības valdes 16.okt.2014. apstiprinātajā ievērojamo Latvijas zinātnieku sarakstā "Latvijas zinātnieki Latvijas simtgadei", kas veidots sakarā ar gatavošanos Latvijas valsts 100 gadu jubilejai, vērtējot, kas ko nozīmīgu veikuši Latvijas atfistībā, 25 zinātnieku vidū ir arī radioastronoms Arturs Balklavs-Grīnhofs, izcils zinātnes popularizētājs, kam ir bijusi izšķirīga loma "Zvaigžņotās Debess" liktenī.

Pateicoties Balklavam, izdevās saglabāt žurnālu, kas 2018. gadā sasniedz 60. gadskārtu, kamēr atjaunotajā Latvijā daudzi populārzinātniskie izdevumi nav izdzīvojuši. Viņš bija "Zvaigžņotās Debess" atbildīgais redaktors 36 gadus.

Irena Pundure



ZMP "Venta-1" uz Latvijas Pasta markas. Pasaules kosmosa nedēļas* laikā 6. oktobrī Latvijas Pasts izlaida Latvijas pirmajam Zemes mākslīgajam pavadoņim "Venta-1" veltītu marku. Markas, Pirmās dienas aplokšnes un spiedoga autors mākslinieks Ludis Daniļāns.

Ventspils Augstskolai sadarbojoties ar Brēmenes Lietišķo zinātņu universitāti Vācijā, izstrādātais pavadoņs *Venta 1* šogad 23. jūnijā tika palaists kosmosā Indijā ar nesējraķeti *PSLV-C38*, un Zemi tas apriņķo 94 minūtēs. Pavadoņs paredzēts kuģu satiksmes automātiskās identifikācijas sistēmas, sakaru starp pavadoņiem un attēlu uzņemšanas kameras izmēģinājumiem.

Vairāk sk. *Mīsa R.* Zemes orbītā veiksmīgi nogādāts Latvijas pirmais Zemes mākslīgais pavadoņs «Venta-1». – *ZvD*, 2017, Rudens (237), 52.-53. lpp.

J. L.

* Pasaules kosmosa nedēļu (4.-10. okt.) 6.dec.1999. deklarējusi Apvienoto Nāciju Ģenerālā Asambleja, ievērojot divus svarīgus datumus kosmonautikas vēsturē: 4.okt.1957. – pirmā Zemes mākslīgā pavadoņa palaišana un starpvalstu Līguma par kosmosu parakstīšana – 10.okt.1967.





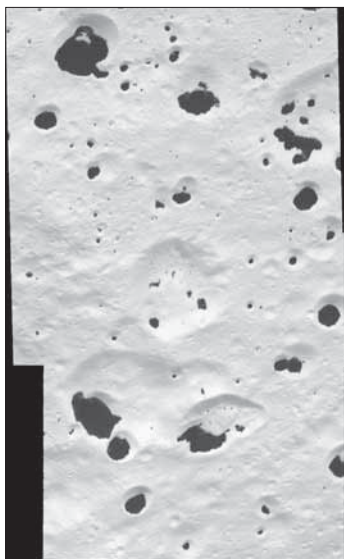
RAITIS MISA

CASSINI MIŠIJA – ATKLĀJUMI LĪDZ PAŠĀM BEIGĀM

Montāža no 165 uzņēmumiem ar uzlabotu krāsu kontrastu, lai izceltu gredzenu struktūru, ko 2006. g. 15. septembrī *Cassini* uzņēma, atrodoties Saturna ēnā. Redzami iepriekš nezināmi zema blīvuma gredzeni. Attēlā pa kreisi no Saturna nedaudz uz augšu no ledomātas horizontālās viduslīnijas ārpus blīvajiem iekšējiem gredzeniem saskatāma arī Zeme.

NASA/JPL attēls

Cassini (pilnais nosaukums *Cassini-Huygens*) nenoliedzami ir viena no tām zondēm, kas mums sniegusi daudz jaunas informācijas par Saturnu un tā pavadoņiem un sagādājusi ne vienu vien pārsteigumu, atklājot ko negaidītu.



Japeta apgabals, kurā vērojama pāreja no gaišā apgabala uz tumšo.

Gaišo apgabalu veido ūdens ledus, bet tumšo visdrīzāk oglekļa savienojumi.

NASA/JPL attēls

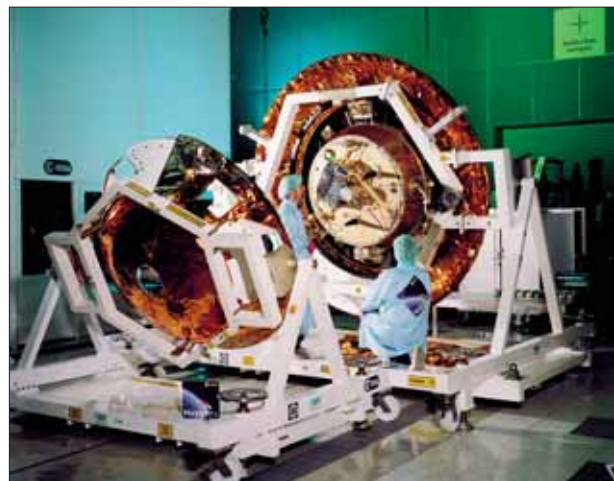
Šī NASA, ESA un ASI (Itālijas Kosmosa aģentūra) kopīgā un nenoliedzami aizraujošā misija noslēdzās 2017.

gada 15. septembrī. Misijas noslēgums, kaut arī ar skumju pieskaņu, tomēr bija grandiozs. Faktiski *Cassini*, ieejot Saturna atmosfērā, no

attālas izpētes zondes kļuva par planētas izpētes zondi, veicot tiešus tās atmosfēras mērījumus tādos tās slāņos, ko pārlidojot paveikt nav iespējams.

Pirms ieiešanas Saturna atmosfērā *Cassini* komunikāciju antena tika pavērsta pret Zemi un ieslēgts tiešas pārraides režīms, kad dati no instrumentiem nekavējoties tika noraidīti uz Zemi. Parasti tie tika uzkrāti un apstrādāti un vēlāk nosūtīti īpaši iepļānotu komunikāciju sesiju laikā. Loģiski, ka misijas noslēgumā, zondei sadegot atmosfērā, šāds scenārijs nebija iespējams. Pēdējie dati uz Zemes tika saņemti 83 minūtes pēc tam, kad *Cassini* jau bija sadegusi Saturna atmosfērā, pirms tam, izmantojot degvielas atlikumu, līdz pēdējam mēģinot noturēt savu komunikāciju antenu pret Zemi.

Lēmums šādi beigt *Cassini* misiju, kuras degvielas krājumi bija teju vai izsīkuši, tika pieņemts jau 2010. gadā, sākot pagarināto septiņu gadu misiju, bet neatgriezenisks tas kļuva 22. aprīlī, kad *Cassini* vien 979 km attālumā pārlidoja Titānu (sk. vāku 4. lpp.). Tas bija tuvais Titāna pārlidojums un vienlaicīgi arī sākums 22 "lielā noslēguma" (*Grand Finale*) orbītām, no kurām četras veda starp Saturnu un tā tuvāko D gredzenu. Titāna gravitācija



Huygens piestiprināts vairogam, kas to pasargāja, ieejot Titāna atmosfērā. ESA attēls

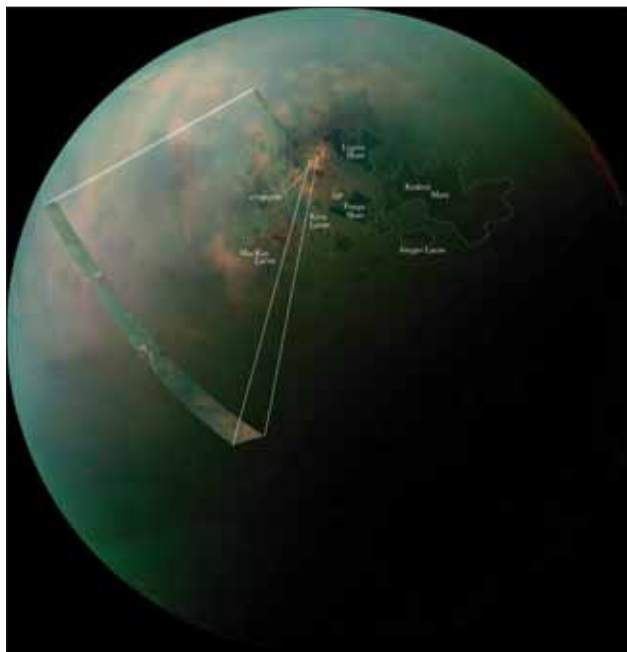
paveica šo pēdējo orbītu veikšanai nepieciešamās Cassini trajektorijas izmaiņu.

Iemesls, kādēļ šādi rīkoties (zondi sadedzināt), meklējams pašas Cassini atklājumos un starptautisko līgumu tekstos. Šie līgumi nosaka to, ka izpētes zondes nedrīkst radīt bioloģiskā piesārņojuma risku, ko, iespējams, varētu radīt Zemes mikroorganismi, kas izdzīvojuši zondēs. Cassini uz Saturna pavadoņa Encelada atklāja šķidra ūdens pazemes okeānu, kas labi piemērots daudzu Zemes mikroorganismu dzīvošanai. Arī Titāna aizsardzība ir vietā, jo tam ir pārsteidzoša ķīmiskā vide, kas neizslēdz, kaut arī mums svešas, dzīvības eksistenci.

Paveiktais

Visus Cassini atklājumus uzskaitīt žurnāla publikācijā nav viegls uzdevums un tas arī nav lietderīgi, tomēr nevar neminēt galvenos.

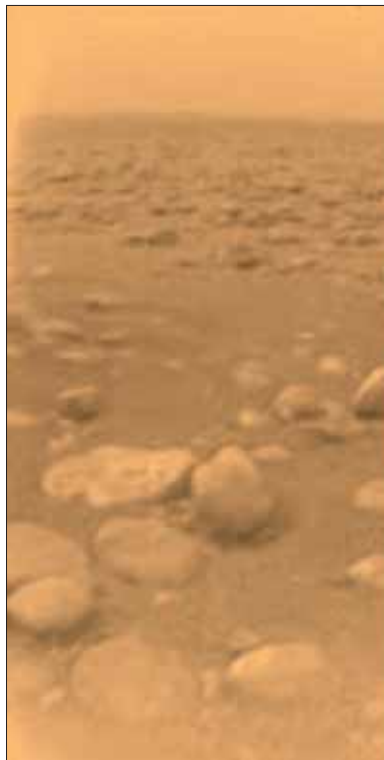
Protams, nenoliedzami nozīmīgs atklājums ir Encelada šķidra sālsūdens pazemes vai pareizāk zemledus okeāns. Par šā okeāna dziļēs notiekošo ļauj spriest geizeri⁷, kas izšaujas caur pavadoņa virsmas ledus plaisām un kuru analīzi, tiem izlidojot cauri, Cassini veicusi. Atklātais ļauj secināt, ka Encelada okeānā notiek hidrotermiskas ķīmiskas reakcijas starp



Neīstu krāsu attēls, kurā redzami Titāna ezeri. Titāns ir vienīgā vieta bez Zemes Saules sistēmā, kur zināms, ka uz virsmas atrodams stabils šķidruma tilpnes. Tiesa, tās veido šķidr etāns un metāns, nevis ūdens. NASA/JPL attēls

pavadoņa cieta iežu kodolu un zem ledus esošu okeānu. Līdzīgos apstākļos Zemes okeānos ir sastopama dzīvība.

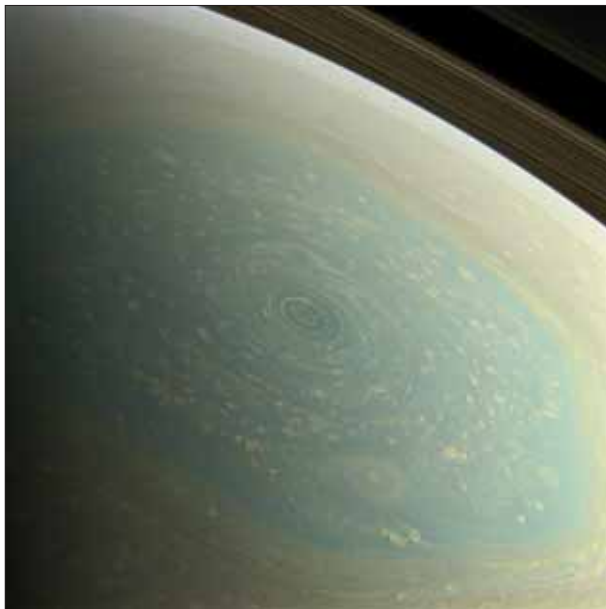
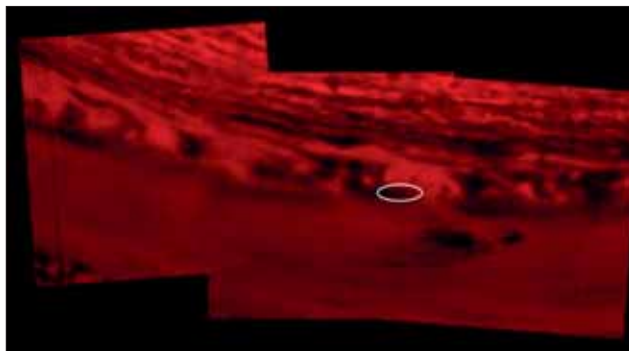
Interesants ir arī Titāns. Uz tā atklāti šķidru ogļūdeņražu ezeri un ogļūdeņražu hidroloģiskā cikla analogs. Uz Titāna smidzina ogļūdeņražu lietus, ko uztur iztvaikošana no ogļūdeņražu ezeriem. Turklāt Titāns ir vienīgais ārējais Saules sistēmas objekts, uz kura sekmīgi nolaidusies zonde⁵. Runa, protams, ir par ESA radīto Huygens⁴ nolaižamo aparātu, kas nosaukts par godu holandiešu astronomam Kristianam Heigensam (*Christiaan Huygens*). Ar izpletni nolaižoties, Huygens guva informāciju par Titāna atmosfēru un tajā valdošajiem vējiem un pat atklāja kāpas, kas veidotas no īpatnēja materiāla graudiņiem, kuru sastāvs nav precīzi zināms un kuru augstums sasniedz pat 90 m.



2005. g. 14. janvārī saņemts attēls, kurā aptuveni dabīgās krāsās redzama Tītāna virsma. Šis ir vienīgais attēls, ko *Huygens* uzņēma, atrodoties uz Tītāna. Pārējie attēli uzņemti nolaišanās laikā.

NASA/JPL/ESA attēls

Nozīmīgi ir arī Saturna gredzenu novērojumi ilgākā laikā. Atklāts, ka gredzeni ir dinamiskas sistēmas, kas attīstās. *Cassini*, iespējams, pat novērojusi jauna Saturna pavadoņa veidošanos un atklājusi jaunus, līdz šim nezināmus



Saturna ziemeļpola sešstūra veidojums, kurā varētu ievietot vairāk nekā divas Zemes. Attēls uzņemts 2012. g. 27. novembrī. *Cassini* misijas sākumā ziemeļpola attēlus nevarēja uzņemt, jo Saturna ziemeļu puslodē valdīja ziema.

NASA/JPL attēls

Saturna gredzenus. Interesanti ir arī gredzenu vertikālās struktūras novērojumi, kas iespējami laikā, kad Saule apspīd gredzenus no malas. Tad gredzena struktūru mestās ēnas ļauj tās izmērīt un precīzi noteikt to formu.

Citu novērojumu vidū jāmin septiņu jaunu Saturna pavadoņu atklāšana, ziemeļpola atmosfēras sešstūra struktūras novērojumi un Japeta divējādā krāsojuma veidošanās apstākļu izpratne.

Cassini ir savu misiju beigusi, tomēr tas nenozīmē, ka tās savākie dati ir pilnībā izprasti un jaunu informāciju nesniedz. Gluži otrādi. Izmantojot *Cassini* datus par Saturnu⁶, tā magnetosfēru, gredzeniem un pavadoņiem, tiks veikts vēl ne viens vien jauns atklājums un gūtas jaunas atziņas par planētu un Saules sistēmas veidošanos.

Attēlu montāža no redzamās gaismas un infrasarkano staru attēliem. Ar ovaļu apzīmēta vieta, kur 2017. gada 15. septembrī *Cassini* iegāja Saturna atmosfērā. NASA/JPL



Cassini tiek veikti pirmslidojuma testi.
NASA/JPL attēls



Cassini mākslinieka interpretācijā.
NASA/JPL attēls

Cassini misijas dati

- Starta laiks^{1,2}: 1997. gada 15. oktobrī 08:43:00 UTC
- Starta masa: 5712 kg
- Ierašanās pie Saturna³: 2004. gada 1. jūlijā 02:48 UTC
- Misijas ilgums: 7275 dienas, 3 stundas, 12 minūtes jeb aptuveni 19 gadi un 11 mēneši. Saturna sistēmā pavadīti 13 gadi un 76 dienas.
- Uztverti pēdējie dati: 2017. gada 15. septembrī 11:55:46 UTC

¹ Gills M. Darbs pie Cassini projekta turpinās. – ZvD, 1996, Pavasaris (151), 24. lpp.

² Gills M. Cassini gatavs startam. – ZvD, 1997, Rudens (157), 25.-29. lpp.

³ Jaunbergs J. Cassini ierodas Saturna sistēmā. – ZvD, 2004/05, Ziemā (186), 29.-31. lpp.

⁴ Sudārs M. Huygens nosēšanās uz Tītāna. – ZvD, 2005, Pavasaris (187), 38.-40. lpp.

⁵ Ķešāns I. Tītāns – no Heigensa līdz Cassini-Huygens. – ZvD, 2013/14, Ziemā (222), 12.-17. lpp.

⁶ Jaunbergs J. Saturna mākoņu noslēpumi. – ZvD, 2017, Pavasaris (235), 15.-19. lpp.

⁷ Jaunbergs J. Encelada sāļā elpa. – ZvD, 2017, Rudens (237), 10.-18. lpp.

INTERVIJA

Lai gūtu plašāku Cassini misijas ieskatu, uzrunāju NASA JPL (*Jet Propulsion Laboratory*) ar lūgumu dot iespēju pa e-pastu uzdot jautājumus Cassini komandas cilvēkiem. Šāda iespēja man tika dota, tomēr norādot, ka šobrīd ir saspringts periods (misija tikko beigušies) un vairāk kā uz pāris jautājumiem atbildes netiks sniegtas.

Atbildēja Cassini projekta vadītājs Ērls Meizs (*Earl Maize*) un Cassini projekta zinātniece Linda J. Spilkerē (*Linda J. Spilker*).

Jautājumi un atbildes, ko laipni palīdzēja sagādāt NASA JPL mediju attiecību speciālists Prestons Daičs (*Preston Dyches*).

Raitis Misa (**RM**): *Jums ir liela pieredze kosmosa izpētes misiju vadošos amatos, tomēr šķiet, ka Cassini misijai jūsu uztverē jābūt*



Priekšplānā Cassini projekta vadītājs Ērls Meizs (Earl Maize). NASA/JPL attēls

īpašai vietai. Protams, tās noslēgumā izjutat skumjas, bet kādas vēl ir sajūtas šajā brīdī? Kādi ir jūsu nākotnes plāni, un varbūt jau ir zināmas citas līdzīga mēroga misijas, kurās varētu strādāt?

ĒM: Pirmkārt, ir ļoti labi paveikta darba sajūta. Cassini misijas noslēgums bija brīnišķīgas misijas brīnišķīgs noslēgums. Man vēl ir daudz darāmā Cassini projektā, bet, kad šie darbi būs paveikti, ceru iesaistīties kādā citā lidzīga mēroga projektā.

RM: Kā vērtējat robotizētas izpētes nozīmīgumu?

ĒM: Robotizētu izpēti vislabāk novērtēt pēc tās izmaksām un paveiktā. Automatizētas misijas ir daudz lētākas nekā tādas, kur iesaistīts cilvēks, jo nav jāved līdzī viss cilvēka dzīvības uzturēšanai nepieciešamais. Roboti var doties tālāk, atrasties tur ilgāk un būt aprīkoti ar daudziem instrumentiem. Turklāt tie parasti dodas vienvirziena ceļojumā.

RM: Kādi ir Cassini ievērojamākie atklājumi? Lūdzu, dodiet savu zinātnieces vērtējumu, kāpēc tie ir tik svarīgi.

Linda J. Spilkere (**LJS**): Svarīgākais un negaidītākais Cassini atklājums ir geizeri Encelada dienvidpola apvidū, kas caur plaisām



Cassini projekta zinātniece Linda J. Spilkere (Linda J. Spilker) un Cassini projekta Radio zinātnieks Esams Maroufs (Essam Marouf) ar priekšpēdējās orbītas laikā iegūtu datu izdruku.

Attēls no Linda J. Spilker

izmet ūdens tvaiku un ledus daļiņas. Šis atklājums veda pie cita. Zem Encelāda virsmas ledus, kas klāj visu pavadoņi, tika atklāts globāls sālsūdens okeāns, kurā apstākļi un vide ir piemēroti dzīvības eksistencei. Šis atklājums ir īpaši nozīmīgs tādēļ, ka ir fundamentāli mainījis mūsu izpratni par vietām, kur ir vērts meklēt ārpuszemes dzīvību. Encelāds pasauli ar zemledus okeānu sarakstā pievienoja Eiropai, uz kuras arī ir iespējama dzīvības eksistence. Šādu zemledus okeānu atklāšana Saules sistēmā nozīmē, ka tie var būt arī citplanētu pavadoņiem.

RM: Ko uzzināsim par Saturna atmosfēru no datiem, kurus Cassini ievāca, tajā ieejot?

LJS: Mēs uzzināsim Saturna atmosfēras sastāvu, ieskaitot to, cik daudz hēlija ir augšējos atmosfēras slāņos. Ūdeņraža un hēlija attiecība ļaus zinātniekiem labāk izprast Saturna izcelsmi un attīstību, bet, plašāk skatoties, arī visas Saules sistēmas izcelsmi un attīstību. Šis misijas noslēgums arī sniegs labāku izpratni par Saturna atmosfēru. Šī informācija būs neatsverama, projektējot Saturna zondes nākotnē. D

LEDUS PASAULE TĒTIJA



Encelads daļēji aizsedz Tētiju, aptuveni parādot to lieluma attiecību. Attēla uzņemšanas brīdī Encelads atradās 2,1 milj. km attālumā no *Cassini*, bet Tētija – 2,6 milj. km attālumā. Saturna gredzeni redzami no neapgaismotās puses. Attēls uzņemts 2015. g. 24. septembrī ar *Cassini* garfokusa fotokameru caur sarkano filtru.

NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute foto

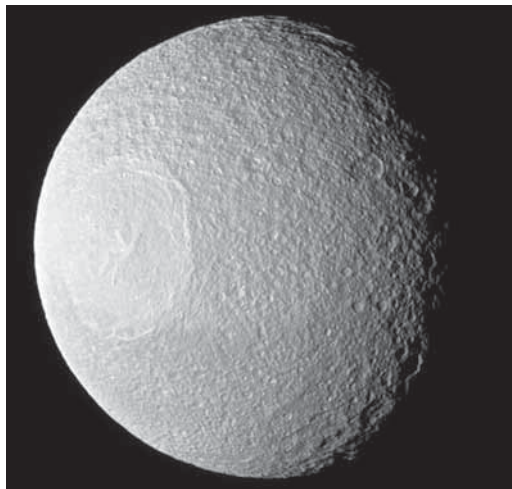
Līdzīgi kā sengrieķu mitoloģijā, no kurienes ņemti daudzu Saturna pavadoņu nosaukumi, reti kura debess ķermeņa izskats ir atsevišķa izklāsta vērts. Toties izskats var pilnīt ar detaļām aizraujošus stāstus par varenu pagātņi, kurā darbojas ikdienas prātam neaptverami, fitāniski spēki – netālas pārnovas, protoplanētāri gāzu un putekļu virpuļi, planētu migrācija un sadursmes, kā arī jaunu pavadoņu akrēcija no karstiem putekļiem un tvaikiem. Ne visi šie stāsti atbilst patiesajai vēstures gaitai, un dažkārt planetologu idejas var būt nesamierināmā pretrunā. Taču zinātnieki darbojas līdzīgi detektīviem – nākas izvirzīt visdažādākās iedomājamās hipotēzes un tās salīdzināt ar pašlaik novērojamo realitāti, lai noskaidrotu patiesos planetāro ķermeņu izcelsmes scenārijus.

Ledus pasaule Tētija riņķo ap Saturnu starp Encelada un Diones orbītām, tās orbītas lielā pusass ir 295 tūkstoši kilometru, tātad Tētija ir divreiz tālāk no Saturna nekā tā masīvo gredzenu ārējā mala. Tās 1060 km diametrs ir apmēram divreiz lielāks nekā Enceladam, bet blīvums – krietni mazāks, tikai nedaudz pārsniedzot ūdens ledus blīvumu. Tētijas virsma izskatās mazāk interesanta nekā Encelada



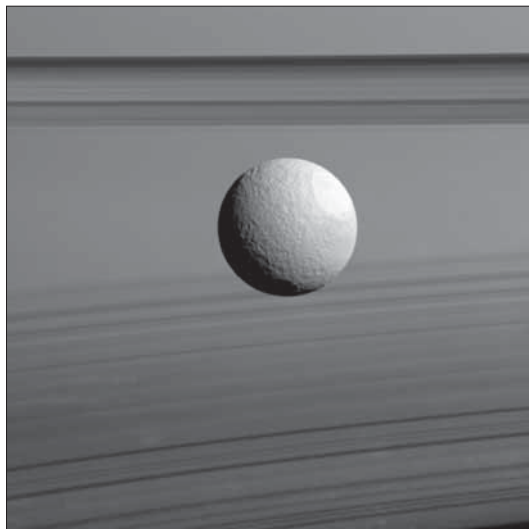
Slipos Saules staros neparasti izceļas Tētijas 1000 km garā un 4 km dziļā *Ithaca Chasma* aizu sistēma. Tā radās pirms 4 miljardiem gadu, kad Tētijas iekšējā okeāna sasalšanas rezultātā pārplīsa ledus garoza. Milzu krāteris *Odisejs* ir uz redzamā diska pašas malas, augšā *kreisājā pusē*. Šo attēlu caur zaļo filtru *Cassini* pavadonis uzņēma 2017. g. 30. janvārī no 356 tūkstošu km attāluma.

NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute foto



Tētijas priekšējo puslodi, kura vērsta orbitālās kustības virzienā, rotā milzu krāteris Odisejs, kura centrālā daļa ir pacēlusies no Tētijas mantijas, kad trieciena sākotnēji izsīta bedre centās atgūt hidrostatisko līdzsvaru. Tētijas ziemeļpols ir uz redzamā diska augšējās malas. Attēls uzņemts 2016. g. 10. novembrī caur zaļo filtru no 367 tūkstošu km attāluma.

NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute foto



Tētija uz Saturna fona, attēla augšā redzami Saturna gredzeni no neapgaismotās puses, bet apakšā – gredzenu ēnas Saturna mākoņos. Attēls uzņemts 2015. g. 23. novembrī ar Cassini platforma fotokameru no 65 tūkstošu km attāluma.

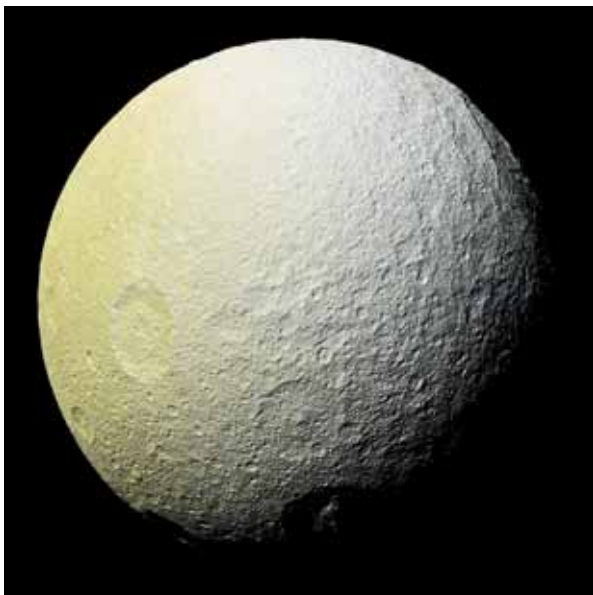
NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute foto

tektoniski aktīvie, rievotie līdzenumi – uz Tētijas nav nesenas ģeoloģiskās aktivitātes pēdu, tai nav tvaika geizeru un anomāli siltu virsmas reģionu. Tētijas virsmas lielākā daļa ir piesātināta ar triecienkrāteriem – tas nozīmē, ka diez vai krāteru varētu būt vēl vairāk, jo katrs trieciens, kas rada jaunu krāteri, izdzēš senāku triecienu pēdas. Šajā ziņā Tētija līdzinās Dionei un jo sevišķi Rejai – divām citām līdzīga lieluma ledus pasaulēm, kuras riņķo nedaudz plašākās orbītās ap Saturnu.

Ar krāteriem piesātināta virsma ir ļoti sena – uz mūsu pašu Mēnesa tā izskatās gaišās augstienes, kuras pēc radioaktīvo elementu datēšanas ir vecākas par 4 miljardiem gadu. Protams, Tētiju bombardēja cita veida meteorīti nekā tie, kas izdangāja Mēnesi, un droši vien arī citā laika posmā. Tās bija komētas, nevis asteroīdi, un daļa no Tētijas krāteriem droši vien ir radušies sadursmēs ar citiem Saturna pavadoņiem. Vēl tagad pa Tētijas orbītu riņķo divi citi nelieli pavadoņi – Teleso (33×24×20 km) un Kalipso (30×23×14 km). Tādi koorbitālie pavadoņi Saturna sistēmā ir arī Dionei, un tie ir tikai retie, līdz mūsdienām izdzīvojušie piemēri ledus ķermeņiem, kuri savulaik drūzmējās orbītās starp Titānu un Saturna gredzeniem. Ir izteikta hipotēze, ka Tētijas lielākais krāteris Odisejs (*Odysseus*) sensenos laikos radās sadursmē ar visai lielu, vārdā nenosauktu Saturna pavadoņi. Tas ļautu izskaidrot, kā Tētijai izdevās atstāt 2:3 orbitālo rezonansi ar Dioni, kurā tā bija sajūgta savā agrīnajā vēsturē. Lai Tētija pamestu šo rezonansi, Odiseja krāteri izveidojušajam meteoram vajadzēja būt lēnam un masīvam, spējīgam par vismaz 0,1% izmainīt Tētijas orbītas lielo pusasi. Aprēķini rāda, ka šādām prasībām atbilstu 250 km diametra ledus pavadoņi, kas Tētijā varēja ietriekties ar pavisam nelielu 500 m/s ātrumu, atstājot 450 km diametra krāteri. Ja Odiseja krāteri izsītušais meteors būtu ātrs un salīdzinoši viegls, pie tādās pašas enerģijas (ko diktē redzamais krātera diametrs) tā impulss būtu bijis mazāks un Tētija vēl joprojām būtu sajūgta rezonansē ar

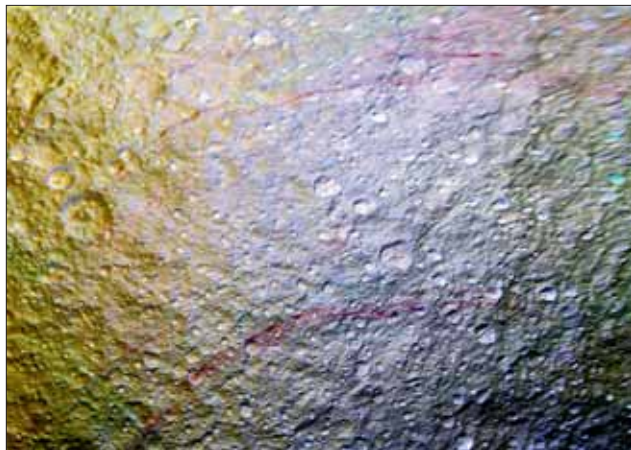
Dioni, bet Dione savukārt nebūtu orbitālajā rezonansē ar Enceladu, un Encelada iekšējais okeāns, iespējams, jau būtu sasalis.

Pašas Tētijas iekšējais okeāns acīmredzot sasala jau Saturna sistēmas vēstures pirmajā miljardā gadu. Par tā kādreizējo pastāvēšanu liecina mazliet retāki krāteri desmit procentos no Tētijas virsmas, kur kādreiz varēja būt izplūdusi kriovulkāniskā lava (citiem vārdiem, ūdens ar iespējamu amonjaka un sāļu piejaukumu). Tētiju arī rotā senu, vairākus kilometrus dziļu tektonisko plaisu sistēma, kas stiepjas trīs ceturtdaļas no Tētijas apkārtmēra no dienvidpola līdz ziemeļu polārajiem apgabaliem un daļēji atpakaļ un vietumis sasniedz 100 km platumu. Tā ir Tētijas ģeogrāfijas slavenākā iezīme, nosaukta par *Ithaca Chasma*, un ir īpaši labi novērojama slīpos Saules staros. Līdzīgas globālas aizu sistēmas ir arī Dionei, vairākiem Urāna pavadoņiem un Plutona pavadoņiem Hāronam. Domājams, ka tās visas ir veidojušās līdzīgi – jau agrīnajā Saules sistēmas vēstures posmā sasilstot mi-



Tētija mākslīgās krāsās, kur dzeltenā krāsa apzīmē ultravioletās gaismas absorbciju. *Labajā* pusē ir puslode, kura vēsta orbitālās kustības virzienā un uzkrāj bezkrāsainas ledus daļiņas no E gredzena. *Kreisajā pusē* – puslode, kas vēsta pretēji orbitālās kustības virzienam un tiek bombardēta ar Saturna magnetosfēras lādētajām daļiņām, kā arī tumšajiem putekļiem no Saturna ārējā pavadoņa Fēbes. Mozaīka no 52 attēliem, 2015. g. 11. aprīlī uzņemtiem ar *Cassini* garfokusa fotokameru no 53 tūkstošu km attāluma.

NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute/Lunar&Planetary Institute foto



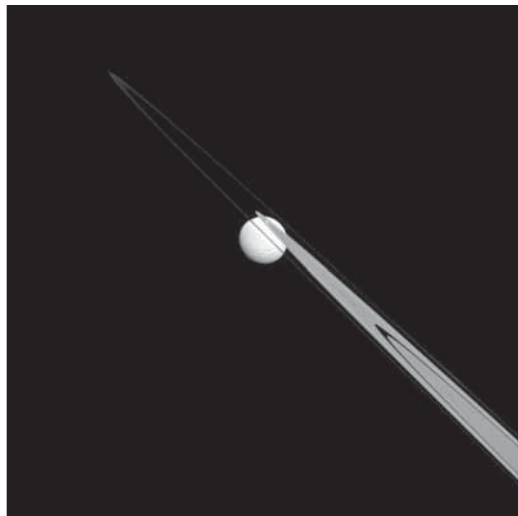
Tuvāk aplūkojot Tētijas virsmu mākslīgi pastiprinātās krāsās, redzamas nezināmas izcelsmes sarkanās joslas, kuras ir tikai dažus kilometrus platas, bet simtiem kilometru garas. To tuvākais analogs ir plaisas uz Jupitera pavadoņa Eiropas.

NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute/Lunar&Planetary Institute foto

nēto ledus pasaulju iekšējiem okeāniem, jo pirmatnējā radioaktīvā silšana un paisyuma spēku izraisītās deformācijas bija vājākas nekā siltuma zudumi caur ledus garozu. No triecienkrāteru biežuma *Ithaca Chasma* joslā un uz pārējās Tētijas virsmas ir skaidrs, ka *Ithaca Chasma* radās ļoti sen, apmēram tad, kad uz virsmas izplūda kriovulkāniskā lava, un var domāt, ka šīs parādības bija saistītas, jo, ūdenim sasilstot, tas izpletās, spiediens Tētijas mantijā pieauga, un mantijas materiāli izlauzās uz virsmas gan caur vulkāniem vai geizeriem, gan arī plēsa vaļā



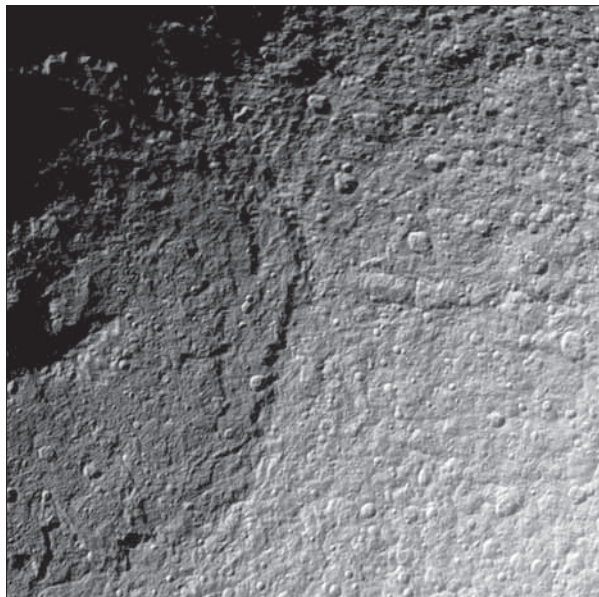
Tētijas lielākā triecienukrātera Odiseja (*attēlā labajā pusē*) diametrs ir 450 km, tas aizņem 4,5% no šā debess ķermeņa virsmas laukuma. Odiseja virsma ir ar lielāku albedo, tātad iespējams, ka Tētijas mantijas ledus satur mazāk piemaisījumu. Attēls uzņemts 2015. g. 11. aprīlī ar *Cassini* garfokusa fotokameru no 190 tūkstošu km attāluma. NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute foto



Tētija daļēji paslēpusies aiz Saturna A un F gredzeniem. Redzams, ka Tētija ir gaišāka nekā Saturna gredzeni, kam par iemeslu ir E gredzena ledus daļiņu uzkrāšanās uz tās virsmas. Attēls uzņemts 2014. g. 14. jūlijā ar *Cassini* garfokusa fotokameru no 1,8 miljonu km attāluma. NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute foto

aizu sistēmas. Salīdzinot ar *Ithaca Chasma* un vulkāniskajiem plato, lielais triecienukrāteris Odisejs ir krietni jaunāks, tā vecums varētu būt tikai 2 miljardi gadu, tātad to rašanās nav saistīta.

Saturna sistēmas hronoloģijas aplēses tomēr ir visai aptuvenas, jo neņem vērā krāterus, kurus atstāj sadursmes starp Saturna pavadoņiem. Vairākas pazīmes vedina domāt, ka Saturna pavadoņu sistēma ir dinamiski daudz jaunāka par Saules sistēmu un piedzīvojuši pamatīgas nekārtības, varbūt pat pēdējos gadu miljardos. Piemēram, tas fakts, ka Saturnam ir vairāk pavadoņu nekā jebkurai citai Saules sistēmas planētai, vedina domāt, ka tiem ir bijis mazāk laika apvienoties, salīdzinot, piemēram, ar Jupitera pavadoņu sistēmu. Lai arī Saturna pavadoņu kustība izskatās stabila un to orbītas pašlaik nekrustojas, ātri rotējošais Saturns un tā ievērojamie gredzeni ar gravitācijas starpniecību mijiedarbojas ar pavadoņiem, pakāpeniski paplašinot to

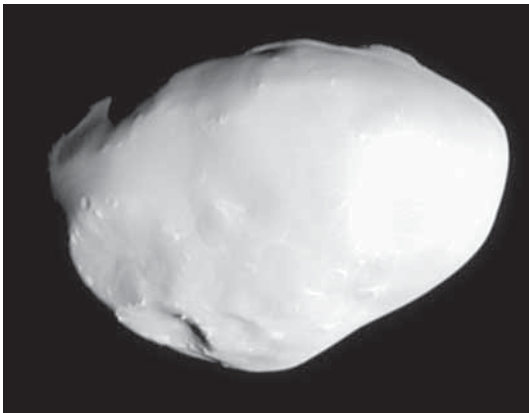


Odiseja krāteris tuvplānā. Attēls uzņemts 2012. g. 28. jūnijā ar *Cassini* garfokusa fotokameru no 72 tūkstošu km attāluma. NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute foto

orbītas. Pavadoņu orbītām evolucionējot, pavadoņu aprīņošanas periodi nonāk dažādās veselu skaitļu attiecībās, kas nozīmē, ka iekšējie pavadoņi apdzēn ārējos pavadoņus noteiktos orbītas punktos, un katra to satikšanās dod nelielu impulsu, kas ilgākā laikā summējas un jūtami maina orbītas. Tādas rezonantas orbītas var ilgtermiņā izrādīties haotiskas, proti, neaprēķināmas ar analītiskās ģeometrijas metodēm. Skaitliskā modelēšana ļauj tikai novērtēt varbūtības, ka dažu pavadoņu orbītas ar laiku var krustoties, kā rezultātā pavadoņi var apvienoties.

Uz notikumiem bagātu Saturna pavadoņu sistēmas pagātni jo sevišķi norāda tā gredzenu sistēma, kas ir daudzkārt masīvāka nekā citām Saules sistēmas milzu planētām. Tāda sistēma nevar ap planētu riņķot bezgalīgi ilgi, jo starp gredzenu daļiņām pastāv berze. Kaut arī niecīga, tā tomēr bremsē gredzenu daļiņu orbitālo enerģiju, un tāpēc daļiņu mūža ilgums ir galīgs, bet beigas paredzamas – ieiešana Saturna atmosfērā.

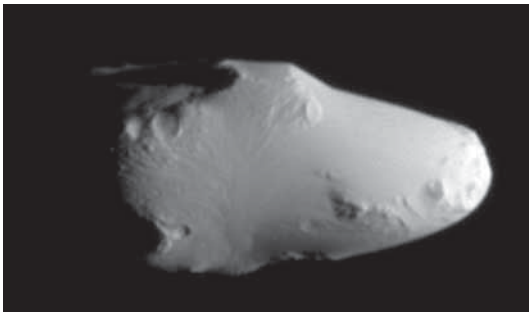
Lai mēs šobrīd novērotu tādus Saturna gredzenus, kādi tie ir, agrāk tiem vajadzēja būt masīvākiem. Taču masīvākā gredzenā daļiņas saspiežas ciešāk kopā un berze pieaug, kā arī veidojas pašgravitācijas nestabilitāte. Masīvu gredzenu hidrodinamiskā modelēšana liecina, ka to daļiņām vajadzētu salīpt, jo sevišķi ap blīvāku iezu kodoliem, un veidot pat simtiem kilometru lielus jaunus pavadoņus, tādus kā Mimas. Masīvākiem gredzeniem piemīt tendence izplesties platumā, un, tiklīdz to viela atstāj stipro Saturna paisumu zonu – planētas Roša dobumu, daļiņu salīpšana par jauniem pavadoņiem ir praktiski neizbēgama. Pavadoņi, kuri tādējādi veidotos gredzenu ārmalā, izraisītu noteiktas gravitācijas rezonanses gredzenos, bremsējot gredzenu daļiņas, bet paši caur to saņemot orbitālo enerģiju. Masīvi gredzeni tādējādi spēj aizdzīt jaunveidotos pavadoņus, paplašinot šo pavadoņu orbītas. Saturna ātrā rotācija nozīmē, ka tā sinhronā orbīta ir tikai 112 tūkstošu kilometru attālumā no planētas



Tētija savu orbītu daļa ar mazu Saturna pavadoņi Teleso (lielākais diametrs 24 km), kas atrodas vidēji 60 grādus priekšā Tētijai. Attēls uzņemts 2005. g. 11. oktobrī no 15 tūkstošu km attāluma, izšķirtspēja 86 m uz pikseli.

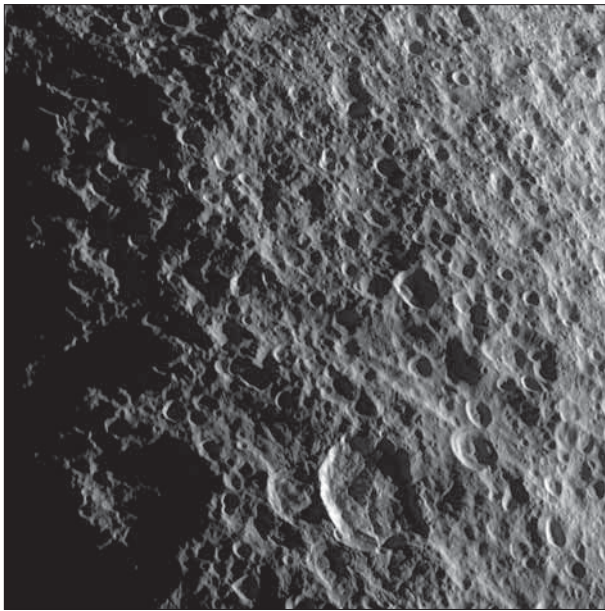
NASA/JPL/Space Science Institute foto

centra – krietni Roša dobuma iekšpusē un tāpat gredzenu zonā. Ņemot vērā paisumu mijiedarbību, visi pavadoņi tālāk par sinhrono orbītu saņem enerģiju no Saturna rotācijas un līdz ar to arī pēc iznīšanas no gredzeniem turpina attālināties. Pēc vienas planetologu grupas versijas, sākotnēji masīvie Saturna gredzeni pēc šāda mehānisma radīja ne tikai tiem tuvu riņķojošo Mimasu, bet arī tālāk esošos Encelādu, Tētiju, Dioni un Reju. Visu



Tētijas otra koorbitālais pavadoņs Kalipso orbitālajā kustībā seko 60 grādus aiz Tētijas. Tā virsma ir klāta ar biezu ledus putekļu kārtu, kuras izcelsme nav izskaidrota. Attēls uzņemts 2010. g. 13. februārī no 21 tūkstoša km attāluma, izšķirtspēja 128 m uz pikseli.

NASA/JPL/Space Science Institute foto

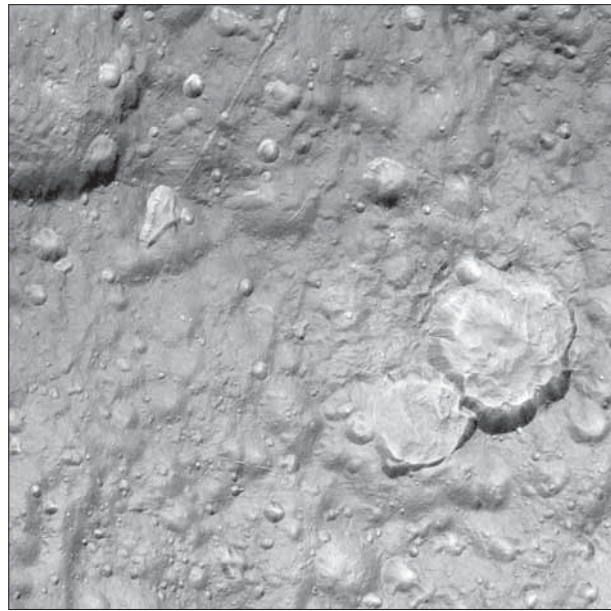


Slīpos Saules staros Tētijas triecienkrāteru izdangātā virsma atgādina pludmales smiltis. Krāteri ir gandrīz izdzēsuši senas tektoniskās plaisas paliekas, kas vēsta par Tētijas agrīno vēsturi. Attēls uzņemts 2010. g. 14. augustā no 40 tūkstošu km attāluma, tā izšķirtspēja ir 234 m uz pikseli.

NASA/JPL/Space Science Institute foto

minēto pavadoņu orbītas joprojām lēnām paplašinās Saturna ātrās rotācijas iedarbībā. No otras puses, ekstrapolējot atpakaļ laikā, ar Saules sistēmas mūžu varētu nepietikt, lai Dione un Reja, tikai Saturna paisumu dzītas, būtu nokļuvušas tik tālu, kā tās pašlaik riņķo.

Citi planetologi cenšas izskaidrot, kāpēc Saturna masīvie gredzeni sastāv no praktiski tīra ledus, kamēr pavadoņi, kuri varēja sabrukt paisuma spēku iedarbībā vai sadursmēs un tādējādi veidot gredzenus, satur arī visai daudz silikātiestu un, iespējams, oglei līdzīgu tumšu organisko vielu. Tādi tīra ledus gredzeni varēja rasties kāda liela pavadoņa sabrukšanā, kuram tobrīd bija izveidojusies šķidra ūdens mantija. Šķidru ūdeni paisuma spēkiem bija viegli "nostrēbt" no kodola, bet iežu kodols nokļuva tuvāk par Saturna sinhrono orbītu un laika gaitā nobremzējās un kļuva par daļu no Saturna. Tikai tādā, ar



Viens no tuvākajiem Tētijas virsmas attēliem parāda salīdzinoši jaunākus krāterus, kuru izskatu ir ietekmējuši ledus nogruvumi, kā arī tektonisko plaisu atstātās pēdas. Attēls uzņemts 2005. g. 24. septembrī no 19 tūkstošu km attāluma, tā izšķirtspēja ir 110 m uz pikseli.

NASA/JPL/Space Science Institute foto

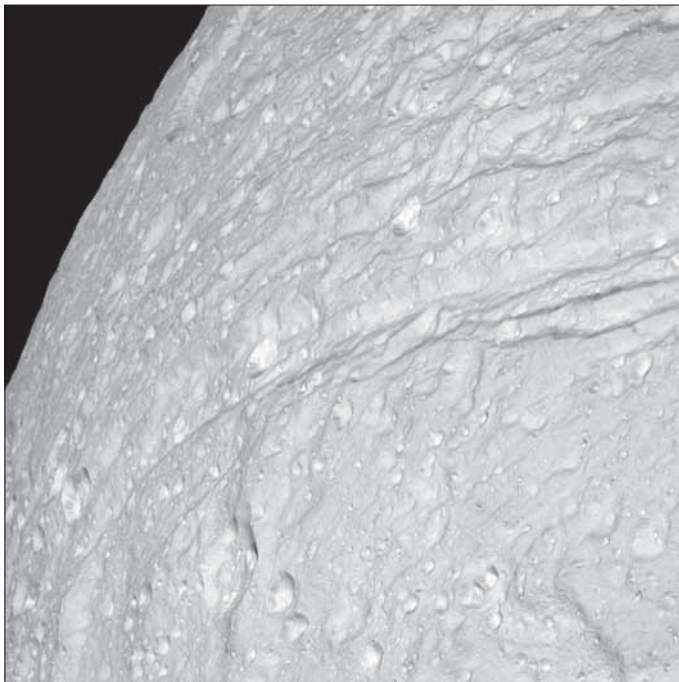
fīru ledu bagātā vidē varēja rasties Tētija, kuras nelielais blīvums ($0,985 \text{ g/cm}^3$) nozīmē, ka tās sastāvā iežu īpatsvars nepārsniedz 6%. Tomēr kā gan no gredzeniem varēja rasties Encelads, kas satur ap 55% silikātiestu? Tik lielas sastāva variācijas nozīmē, ka nejausām sadursmēm un ledus pārnesei starp pavadoņiem ir bijis noslēdzošais vārds daudzveidīgās Saturna pavadoņu sistēmas tapšanā.

Tā joprojām nav pierādīts, kad un kā radās Saturna masīvie gredzeni un vai no tiem atdalījās jauni pavadoņi, līdz ar to varam tikai minēt, kā Saturna pavadoņu pirmatnējā haosā no apvienošanās izvairījās tā vidēji lielie pavadoņi diapazonā no Mimasas līdz Rejai. Neviens atsevišķs scenārijs pagaidām nespēj loģiski izskaidrot pašlaik novērojamo ainu kā nenovēršamu Saturna sistēmas evolūcijas rezultātu. Necilā ledu pasaule Tētija ir bijusi šā procesa vidū kopš pirmsākumiem un pie-

dzīvojuši daudzus dramatiskus brīžus, bet tās vēstures stāsts nav vienkārši nolasāms no krāteriem nosētās virsmas. Var gadīties, ka milzīgas ledus mantijas uzkrāšanās uz nelielā Tētijas iegu kodola un ledus mantijas daļēja zaudēšana Encelada gadījumā ir tikai nejaušība, kurai nav likumsakarīgu iemeslu un par kuru zinātnieki vienmēr varēs laužīt galvu un meklēt jaunus datus un hipotēzes.

Avoti

1. Callegari, N., Jr.; Yokoyama, T. Numerical exploration of resonant dynamics in the system of Saturnian major satellites. – *Planetary and Space Science*, 58, **2010**, 1906.
2. Charnoz, S.; Crida, A.; Castillo-Rogez, J.C.; Lainey, V.; Donnes, L.; Karatekin, Ö.; Tobie, G.; Mathis, S.; Le Poncin-Lafitte, C.; Salmon, J. Accretion of Saturn's mid-sized moons during the viscous spreading of young massive rings: Solving the paradox of silicate-poor rings versus silicate-rich moons. – *Icarus*, 216, **2011**, 535.
3. Sekine, Y.; Genda, H. Giant impacts in the Saturnian system: A possible origin of diversity in the inner mid-sized satellites. – *Planetary and Space Science*, 63-64, **2012**, 133.
4. Zhang, K.; Nimmo, F. Late-stage impacts and the orbital and thermal evolution of Tethys. – *Icarus*, 218, **2012**, 348.
5. Stephan, K.; Wagner, R.; Jaumann, R.; Clark, R.N.; Cruikshank, D.P.; Brown, R.H.; Giese, B.; Roatsch, T.; Filacchione, G.; Matson, D.; Ore, C.D.; Capaccioni, F.; Baines, K.H.; Rodriguez, S.; Krupp, N.; Buratti, B.J.; Nicholson, P.D. Cas-



Tētijas slavenā *Ithaca Chasma* aizu sistēma ir acīmredzami ļoti sena, jo to klāj neskaitāmi triecienkrāteri. Attēls uzņemts 2005. g. 24. septembrī no 32 tūkstošu km attāluma, tā izšķirtspēja ir 190 m uz pikseli. NASA/JPL/Space Science Institute foto

sini's geological and compositional view of Tethys. – *Icarus*, 274, **2016**, 1.

6. White, O.L.; Schenk, P.M.; Bellagamba, A.W.; Grimm, A.M.; Dombard, A.J.; Bray, V.J. Impact crater relaxation on Dione and Tethys and relation to past heat flow. – *Icarus*, 288, **2017**, 37.

Saites

- Cassini attēlu galerija: <https://saturn.jpl.nasa.gov/galleries/images/>
- Vikipēdijas raksts par Saturna pavadoni Tētiju: [https://en.wikipedia.org/wiki/Tethys_\(moon\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Tethys_(moon)) D

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

MĀRTIŅŠ GILLS

MILZU RADIOTELESKOPS IZTUR VIESUĻVĒTRU

2017.gada septembrī Karību jūras rajonu satricināja divas viesuļvētras – Irma un Marija. Otrā minētā īpaši izpostīja ASV valdījumu Puertoriko, kur būtiski cieta infrastruktūra – liela daļa mājokļu bija smagi bojāti, ievērojamas teritorijas palika bez elektrības un sakariem. Ne bez sekām tas beidzās arī uz šīs salas esošajai 20.gs. 60-tajos gados būvētajai Aresibo observatorijai, kuras galvenais instruments ir 305 m radioteleskops. Līdz pat 2016.gadam tas bija lielākais radioteleskops pasaulē (to pārspēja Ķīnā uzbūvētais FAST ar diametru 500 m). Kā zināms, Aresibo teleskops veidots kā stacionāri uz zemes fiksēts sfērisks atstarotājs, kuru veido vairāk nekā trīsdesmit tūkstoši perforētu alumīnija paneļu. Uztvērēji un raidītāji (lai veiktu kosmisko radiolokāciju) atrodas iekārtā stāvoklī virs "šķīvja". Te ir speciāls stiprinājumu mehānisms, kas ļauj antenas nelielā diapazonā pārvietot, tādējādi iegūt iespēju novērot plašāku lauku, nekā tas būtu stacionāra fokālā punkta gadījumā. Aresibo teleskops ir kalpojis par bāzi pulsāru novērojumiem, Merkura rotācijas mērījumiem, pirmās citplanētas atklāšanai pie pulsāra, regulāri veikti asteroīdu radiolokācijas novērojumi, kā arī 1974. gadā Aresibo nosūtīja Franka Dreika radio "pastkartes" ziņojumu citām civilizācijām.

Astronomu sabiedrībā bija pamatotas



Aresibo observatorijas direktors Francisko Kordova observatorijas Facebook profilā publicēja fotogrāfiju ar ziņu, ka nav tādu bojājumu, kurus nevarēs salabot.

bažas, ka radioteleskops viesuļvētrās piedzīvos būtiskus bojājumus, kas nozīmētu mazas izredzes drīzai darbības atjaunošanai. Protams, postījumi bija, tomēr pārsteidzošā kārtā tie ir relatīvi nelieli. Ir nolauzta viena no iekārtajām uztverošajām un raidošajām antenām, kas krītot ir sabojājus arī virkni atstarojošo paneļu. Lai gan tagad uz laiku būs jāsašaurina novērojumu programma, pēc strāvas un sakaru pilnīgas atjaunošanas Aresibo plāno atsākt darbu. D

ĪSUMĀ: tagad vienkārši ELT. Eiropas Dienvidu observatorija (ESO) savu šī brīža galveno būvējamo teleskopu 2017. gada jūnijā nolēma pārdēvēt no E-ELT (*European Extremely Large Telescope*, Eiropas Ārkārtīgi lielais teleskops) par ELT (*Extremely Large Telescope*, Ārkārtīgi lielais teleskops). ESO to pamato, ka nosaukums ir īsāks, labāk atspoguļo to valstu ģeogrāfiju, kas piedalās šajā projektā, kā arī respektē to, ka teleskops atrodas Čīlē (vietā *Cerro Armazones*, 3046 m virs jūras līmeņa). Protams, ir arī kritiķi, kas ar ironiju uztver šo nelielo nosaukuma maiņu, rosinot dot teleskopam kādu interesantu atmiņā paliekošu vārdu.

M. G.

JURIS KALVĀNS, VeA Inženierzinātņu institūts "Ventspils Starptautiskais radioastronomijas centrs"

STARPTAUTISKĀS ASTRONOMU SAVIENĪBAS 332. SIMPOZIJS ČĪLĒ

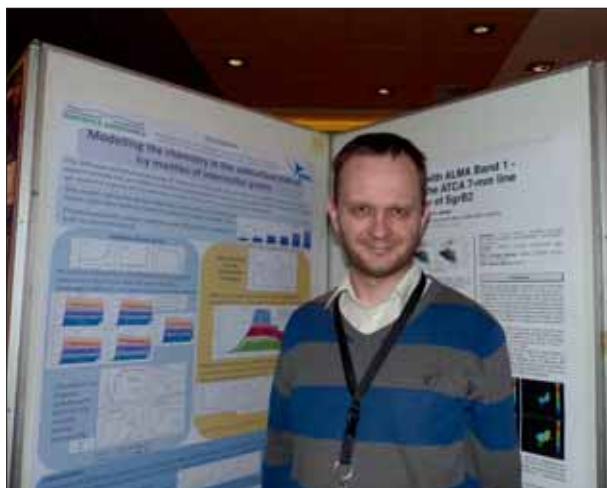


Konference

Saisfībā ar Ventspils Augstskolas Inženierzinātņu institūta "Ventspils Starptautiskais radioastronomijas centrs" (VSRČ) īstenoto Eiropas reģionālā attīstības fonda projektu Nr. 1.1.1.1/16/A/213 "Starpzvaigžņu vides fizikāli ķīmisko procesu pētījumi" (īsāk dēvēts par projektu ASTRA) radās iespēja doties uz Starptautiskās astronomu savienības (SAS, angl. IAU) 332. simpoziju "Astroķīmija VII – caur kosmosu no galaktikām uz planētām", kas notika 2017. gada 20.-24. martā Čīles pilsētā Puertovarasā (*Puerto Varas*). Jāteic godīgi, ka neesmu milzīgs tālu ceļojumu cienītājs (un ceļojuma laikā sapratu, kāpēc), lai gan Dienvidamerikas apciemošana bija manā vēlmju sarakstā. SAS astroķīmijas simpoziji ir nozīmīgākās šīs astrofizikas nozares konferences, kas notiek aptuveni reizi sešos gados (iepriekšējā notika 2011. gadā Toledo). Tā kā 2016. gada nogalē uzzinājām, ka projekta ASTRA pieteikums ticis akceptēts finansēšanai un konferences apmeklējums ietilpa projekta plānos, tad iespēju doties uz SAS simpoziju nācās izmantot. Pieteicos un saņēmu arī daļēju finansīalu atbalstu no SAS.

Sanāksmes piecās dienās tika apspriesti ar astroķīmiju jeb molekulāro astrofiziku saistīti temati, no ārpusgalaktikas līdz Saules sistēmas objektu ķīmijai. Konference tika atklāta pirmdienā ar astroķīmijas profesores Ewine

van Dishoeck, IAU nākamās prezidentes, pārskatu par aktualitātēm nozarē. Turpinājumā sekoja dažādu pētījumu izklāsts par molekulu novērojumiem tālās galaktikās un zvaigžņu veidošanos. Saisfībā ar pēdējo interesants un arvien vēl neatbildēts jautājums ir, vai pašas masīvākās (O un B klases) zvaigznes dzimst, kolapsējot masīvam miglājam, vai arī daudz mazāku spīdekļu saplūšanas rezultātā. Otrdienas prezentācijas tika veltītas specifiskiem astroķīmijas aspektiem par starpzvaigžņu putekļu izcelsmi, reakciju ātrumu kosmosā (t.sk. laboratorisku pētījumu rezultātiem), novēroto dažādu starpzvaigžņu molekulu koncentrāciju un tās izskaidrojumu. Trešdienas tematika bija Saules sistēmas objektu ķīmija – 67P/Čurjumova-Gerasimenko komēta, komētu ledus



1. att. Pie sava plakāta IAU 332. simpozijā Čīlē.
Foto: Agata Karska

izcelsme, Titāna atmosfēra, kā arī protoplanetāro disku ķīmija. Domājams, ka tieši diskā, kur masa bijusi ap 10% no protozvaigznes masas, notika Saules sistēmas ķermeņu veidošanās. Ceturtdiena tika turpināta ar protoplanetāro disku tēmu, kā arī astroķīmijai nozīmīgajām mūsdienu lielajām observatorijām – ALMA (Atakamas tuksnešī) un JWST (kosmiskajā telpā). Interesants bija secinājums, ka diskā gāzu (oglekļa monoksīda CO, ūdens H₂O) izsalšanas rādiuss atbilst planētu dzimšanas orbītām. Piektdienas ziņojumi tika veltīti laboratorijas astroķīmijai – vielas mijiedarbībai ar ultravioleto starojumu, molekulu savstarpējo reakciju ātrumam un iznākumam, slāpekļa un ūdeņraža izotopu ķīmijai. Saistībā ar fullerēna jonu C₆₀⁺ bija liecinieks dedzīgai zinātniskai diskusijai, kuru organizatori paspēja izšķirt, pirms abi dalībnieki kļūva nevaldāmi.

Konferencē piedalījās ar ziņojumu plakāta formā. Biju pieteicies verbālam ziņojumam, taču tas netika piešķirts; konkurss bija 3,5 pieteikumi uz vienu vietu konferences programmā. Simpozija ietvaros notika arī divas plakātu sesijas. Savā ziņojumā aprakstīju savu pieeju un rezultātus par molekulāra līmeņa procesu modelēšanu starpzvaigžņu ledus slānīti, kas aptver starpzvaigžņu putekļus. Šāds ledus maina putekļu fizikālās īpašības un var veidot pusi no putekļu masas, līdz ar to molekulu pārvērtībām tajā ir astrofizikāla nozīme. Ziņojumā (1. att.) ietvēru arī pirmos projekta ASTRA 1. aktivitātes pētījumu rezultātus par molekulu fotodisociāciju starpzvaigžņu ledū.

Pauzēs starp konferences sesijām piedalījās diskusijās ar Holandes, Vācijas, ASV, Japānas un Zviedrijas zinātniekiem, kā arī izmantoju izdevību beidzot neformāli tikties ar Taivānas astronomu, ar kuru vairākus gadus biju sastrādājis attālināti.



2. att. Konferences norises vietas apgabals Čīlē – ekrānšāviņš no Google Maps.

Čīle

Ceļojums Ventpils-Puertovarasa (ģeogrāfiju sk. 2. att.) ilgst divas dienas. Pirms tam nedēļām ilgi Čīlē, apgabalā starp galvaspilsētu Santjago un Puertovarasu, plosījās meža ugunsgrēki, kas radīja bažas par ceļojuma izdošanos. Maršruts veda caur Parīzi un Santjago. Katrā no četriem lidmašīnu reisiem bija patīkami ērta sēdēšana – protams, izņemot 15 stundu Air France lidojumu gareniski pāri Atlantijas okeānam, kurā sēdēšanas ierīce bija mīksta un pūkaina kā plīks dēlis.

Ierašanās Čīlē bija patīkama – lidmašīnai lidojot pāri Andu kalniem, to ievadīja 15 minūšu video uzruna, raksturojot Čīles dabas daudzveidību, no kā izriet aizliegums valstī ievest dažāda veida augu un dzīvnieku produktus. Līdz ar to no līdzņemtajām pārtikas rezervēm – riekstu maisījuma – atbrīvojos, vēl pirms sasniedzmu muitas pārbaudi, taču kuņģa piles deklarēju, un tās man laipni atļāva ievest. Lieliska ir Čīles imigrācijas dienesta darbība – liels skaits darbinieku ātri pārbauda dokumentus un mazliet izjautā, vienlaikus līgojoties, sasaucoties vai pat jēstri kustoties un dziedot līdzī možas mūzikas pavadījumam. Atpakaļceļā kontrasts ar Franciju bija milzīgs – Šarla de Golla lidostā viens vienīgs piekusis darbinieks centās apkalpot garo un lēni kustošo ielidotāju rindu.

No Santjago sekoja lidojums uz Puertomontas (Puerto Montt) pilsētu, kas ir attiecīgā apgabala centrs. Vēlāk uzzināju, ka Monts



3. att. Vulkānu sveiciens Puertovarasā.

Foto: Juris Kalvāns

esot bijis Čīles premjers, bet Varass – ministrs viņa valdībā. Gaidot uz šo lidojumu, jau saticu arī vairākus citus SAS simpozija dalībniekus, kurus dažkārt varēja atpazīt pēc līdzīgiem plakātiem futrālīšiem. Pašā lidmašīnā astroķīmiķi bija gandrīz puse no pasažieriem. Līdz Puertovarasai nokļuvām ar autobusu, un skats pa viesnīcas logu (3. att.) bija lielisks, īpaši viesim no plakanās Latvijas: divi vulkāni augstumā virs diviem kilometriem – perfektais Osorno (*Osorno*, redzams arī konferences emblēmā) un Kalbuko (*Calbuco*) – pacēlās virs *Llanquihue* ezera. Cik nopratu ekskursijas laikā no vietējā gida, pēdējais nosaukums aptuveni izrunājams kā Lenkīcai, un tas ir otrs lielākais ezers Čīlē, ceturtais Dienvidamerikā. Kādreiz Kalbuko bijis augstākais no abiem vulkāniem, taču 17. gadsimtā tā krāteris iebrucis. Skaidrā laikā no Puertovarasas starp abiem vulkāniem tālumā bija saskatāma arī milzīgā izdzisušā *Tronadora* (*Tronador*) vulkāna smaile, kas jau tieši pieder Andu kalnu masīvam un atrodas uz Čīles-Argentīnas robežas.

Konferences laikā trešdienas pēcpusdienā tika veļfīta ekskursijai pa tuvējo apkaimi – *Vicente Pérez Rosales* nacionālo parku. Braucienu ar autobusiem brīžiem kavēja strādājoša traktortehnika, jo, kā stāstīja gids, nesen bijušas lietavas, kas izraisījušas vulkānisko dubļu straumes no vulkānu nogāzēm (un, cik



4. att. Daļa no Petrovē ūdenskrituma.

Foto: Juris Kalvāns

noprotu, apdzēsa nesenos meža ugunsgrēkus). Ceļš starp Osorno un *Petrohué* (Petrovē) upi bija acīmredzami izbūvēts ar mērķi dubļu lavīnu masu pāri ceļam novirzīt pa attīrītām ejām tieši uz upi, izvairoties no dubļu uzkrāšanās uz ceļa.

Čīles vulkānu izvirdumiem raksturīgi daudz pelnu un maz lavas. No apkaimes vulkāniem pēdējais izvirdis Kalbuko 2015. gadā, nokļājot apkaimi ar pusotra metra biezu pelnu slāni. Raksturīgi, ka izvirdumi vairs nenotiek no centrālā krātera, bet gan no sānu krāteriem vulkānu nogāzēs. Par teritorijas seno vulkānisko vēsturi liecina Petrovē ūdenskritums (4. att.), interesantākais no ekskursijas objektiem, radies, kalnu upei grauzoties cauri dziļiem lavas slāņiem. Par liecinieku vienam no pēdējiem Osorno izvirdumiem 1835. gadā kļuva Čārlzs Darvins, kas ar kuģi *Beagle* tobrīd ceļoja gar Čīles krastiem.

Ekskursija noslēdzās ar pāris stundu izbraucienu pa *Todos los Santos* (Visu Svēto) ezeru (5. att.), kas kopā ar Lenkīcai no divām pusēm aptver Osorno (sk. 2. att.). Šis kalnu ieskaits ezers ir Petrovē upes iztekas vieta, no kurienes ekskursijas kuģītis arī startēja. Ezera

krasts veidots no vulkāniskajiem pelniem, ko stiprs vējš nesa pa gaisu un svieda acīs, kamēr ezera ūdens saules gaismā ir zaļgans vulkānisko minerālu dēļ.

Pēc mūsu gida stāstījuma, ezeriem un dziļiem līčiem bagātā Čīles daļa, kur notika konference, esot galvenā Latīņamerikas lašu audzētava. Puertovarasas rajona modernā vēsture aizsākās ar valdības organizētu strādīgo vāciešu ieceļošanu 19. gadsimta vidū. Vietējie indiāņi esot bijuši pamukuši neilgi pirms tam, izbijušies no vulkānu izvirdumiem. Pēc I pasaules kara Čīles vācieši atgriezās Eiropā, taču Puertovarasā un apkārtējos rajonos no viņiem mantota māju celtniecības maniere, atsevišķi vārdi (*kuchen, bier*) u.c. kultūras elementi. Gids arī ar lepnumu izstāstīja, kā čīlieši Argentīnai no deguna gala nočiepuši kontroli pār Magelāna šaurumu. Cik varēju noprast no redzētiem avižu virsrakstiem, iedzīvotājiem aktuālākā tēma tobrīd bija pensiju sistēma valstī.

Uzturoties Čīlē, man radās iespaids, ka valsts unikālā ģeogrāfija, kā arī vēsture kā ieceļotāju zemei ir veicinājusi iedzīvotāju cieņu un patiku pret dažādību dabā un kultūrā. Čīle stiepjas 4270 km garumā, šķērsojot 10 dabas zonas, tai pieder arī izolētas Klusā okeāna salas. Jau minēju aizliegumu ievest augu un dzīvnieku izcelsmes produktus, kas iedibināts, lai aizsargātu unikālās tikai šejieni raksturīgās sugas. Lenkīcai ezera skaistumu, bez šaubām, palīdzēja novērtēt Puertovarasā esošais aizliegums izmantot plastmasas maisījumus.



5. att. Tronadora kalns redzams no Visu Svēto ezera.

Foto: Juris Kalvāns

Kopumā 19% Čīles teritorijas ir ietverta dabas liegumos. Man vēl atrodoties Čīlē, amerikāņu miljonaŗa un vides aktivista Duglasa Tompkinsa (*Douglas Tompkins*) atraitne parakstīja līgumu ar Čīles valdību, nododot tai 400 000 hektāru lielu Tompkinsa iepriekš nopirkto teritoriju, kura tika iekļauta Dienvidamerikā lielākajā nacionālajā parkā. Kādā brīdī, runājot ar čīliešu gidu, viņš ar gandarījumu nospieda kādu lapseni, izskaidrojot, ka tā esot šeit vienīgā ievestā suga, ieviesta, lai iznīdētu citas lapsenes, taču veiksmīgi iedzīvojusies.

Pateicoties daudzajiem Čīles sausajā tuksnesī izvietotajiem teleskopiem, tā ir lieliska vieta darbam astronomijā. Katram no šiem teleskopiem noteikts, nozīmīgs laiks ir rezervēts tieši Čīles astronomiem. Vesela virkne astroķīmiķu pēc SAS simpozija palika Čīlē, lai dotos veikt novērojumus uz kādu no observatorijām. Taču kā teorētiskim manas darīšanas Čīlē bija garām, un nācās ar nopūtu ieņemt vietu padsmiit stundu lidojumam uz Eiropu, kas atpakaļceļā bija ne mazāk ciets kā atlidojot. D

ĪSUMĀ | ĪSUMĀ | ĪSUMĀ | ĪSUMĀ | ĪSUMĀ | ĪSUMĀ | ĪSUMĀ

Lēti, bet precīzi pulksteņi no Latvijas nolaidīsies uz Mēness. Eiropas Kosmiskā aģentūra (ESA) informē (26.okt.2017. paziņojums preseī), ka 2022. gadā uz Mēness dienvidpolu dosies Latvijas uzņēmuma *Eventech* radīts pulkstenis, kas spēj mērit laiku ar precizitāti līdz sekundes triljonajai daļai. Tas būs uzstādīts kosmiskajā aparātā Luna-27, ko veido Krievijas Roskosmos sadarbībā ar ESA. Galvenā šo laika mēritāju priekšrocība ir augstā precizitāte un zemā cena. Savukārt precīzais laiks ir nepieciešams Mēness virsmas lāzerlokācijas instrumentam.

M. G.

EPSC2017 SESIJA PAR STARPTAUTISKO MĒNESS DEKĀDI



Eiropas Planetoloģijas kongress (EPSC) <https://www.epsc2017.eu/> ir otrais lielākais planetologu pasākums pasaulē aiz ASV rīkotām Mēness un planetoloģijas konferencēm (*Lunar and Planetary Science Conference, LPSC*), ko apmeklē ap 1800 dalībnieku. EPSC2017 Rīgā piedalījās 808 delegāti: no Francijas – 117, Vācijas – 100, ASV – 88, Latvijas – 80, Apvienotās Karalistes – 62, Itālijas – 50, Somijas – 36, kopskaitā no 40 dažādām valstīm. Kongresā tika pieteikti vairāk nekā 1000 referātu.

Liels nopelns ir LU Astronomijas institūta vad. pētniecei PhD Amārai Grapai, kas pieteica Latviju kā vietu, kur rīkot 2017. gada EPSC kongresu. PhD A. Grapa arī vadīja vietējo orgkomiteju, kas nodrošināja, lai viss nepieciešamais tiktu laicīgi sagatavots sekmīgam darbam.

Kongresa galvenās tēmas bija:

- Akmeņainās (Zemes grupas) planētas (*Terrestrial planets*),
- Mēness pētniecība (*Lunar Science & Exploration*),
- Ārējo planētu sistēmas (*Outer Planet Systems*),
- Magnetosfēras un kosmosa fizika (*Magnetospheres and Space Physics*),
- Misijas, tehnoloģijas un rūpniecība (*Missions, Techniques and Industry*),
- Pasaules pie svešām saulēm (*Exoplanets and Origins*),

- Astrobioloģija (*Astrobiology*),
- Saules sistēmas mazie ķermeņi, kas nav saistīti ar planētām (*Small Bodies: comets, KBOs, rings, asteroids, meteorites, dust*),
- Laboratorijas un lauka pētījumi (*Laboratory and Field Investigations*),
- Publikas iesaiste, izglītība un politika (*Outreach, Education and Policy*),
- Amatierastronomija (*Amateur Astronomy*).

Kopā ar prof. Bernardu Foingu es vadīju sesiju "International Lunar Decade – towards a self-sustaining space economy" (Starptautiskā Mēness dekāde – ceļā uz ilgtspējīgu ekonomiku kosmosā), kas bija saistīta ar izglītības un politikas tēmu. Starptautiskā Mēness dekāde (*International Lunar Decade, ILD*) paredz starptautisku sadarbību no 2020. līdz 2030. gadam, lai veiktu priekšdarbus, kas pamatotu, ka rūpnieciska attīstība uz Mēness un Zemes un kosmiskajā telpā starp Zemi un Mēnesi (*cislunar space*) var būt ilgtspējīga ar augošām tirgus iespējām. Ar šādu pamatojumu būtu paredzamas strauji augošas privātās investīcijas kosmosa rūpnieciskā attīstībā. Eventuāli pirms 2100. gada kosmosā varētu izveidoties pilsētas, kurās varētu dzīvot miljoni cilvēku, piepildot Ģerarda O'Nīla (*Gerard K. O'Neill*) vīziju, sk. <https://www.geekwire.com/2016/jeff-bezos-space-colonies-oneill/>.

Lai pamatotu ilgtspējīgas kosmosa ekonomikas izveidošanu, ir jārisina problēmas šādās jomās:

- trūkst starptautiski atzītu likumu par kosmosa izejvielu izmantošanu;
- trūkst infrastruktūras, kas ir nepieciešama, lai izmantotu dabas resursus uz Mēness un no asteroīdiem;
- trūkst zinātniski pamatotas informācijas par izejvielām uz Mēness, lai varētu izveidot tehnoloģijas, kas varētu resursus pārstrādāt produktos ar tirgus noietu;
- trūkst tehnoloģisku risinājumu, lai pārstrādātu izejvielas, kas ir uz Mēness un asteroīdos.



EPSC 2017 Riga: BALTIC Space (+ Culture)

Lai organizētu ILD sesiju, uzaicināju starptautiski atzītus speciālistus ar referātiem par kosmosa likumības pamatiem, par kosmosa politiku, kā arī par kosmosa izejvielu izmantošanas iespējām. Sarakste bija rosīga, kas aplicināja, ka tēma ir vērtīga. Vairāki speciālisti gan atteicās piedalīties, jo nedēļā, kas sekoja EPSC2017, notika Starptautiskais Astronautikas kongress (*International Astronautical Congress*) Austrālijā, kur bija lielāks uzsvars uz kosmosa politiku, kamēr EPSC ir pasākums galvenokārt par planetoloģiju.

ILD sesijā bija ap 30 klausītāju, viņu vidū trīs bija žurnālisti. Sesijā bija referāti par šādiem jautājumiem:

- B. Foing: *Moon Village – Frame and Opportunity for Space Economy*. Prof. B. Foings sniedza vērienīgu pārskatu par “Mēness ciematu” attīstību, sākot ar robotu ciemu, progresējot uz kompleksu, kur piedalīties Mēness pētniekiem, kā arī kosmosa novērojumiem no observatorijām, kas tiktu veidotas Mēness neredzamajā pusē, kas ir aizsegta no Zemes elektromagnētiskiem trokšņiem. Paredzēta arī rūpnieciska attīstība un eventuāli tūrisms.
- V. Beldavs: *International Lunar Decade Status*. Sniedzu pārskatu par ILD darbību, ko ierosināja Bernardas Foings un citi planetologi ap 2004. gadu. Ar 2006. gadu COSPAR (*Committee on Space Research*) kongresā Pekinā ILD apstiprināja kā starptautiski atzītu iniciatīvu un aicināja piedalīties visām valstīm ar interesi kosmosā. ILD tad bija paredzēts kā globāls pasākums, kas līdzinātos Starptautiskajam Ģeofizikas gadam (*International Geophysical Year, IGY*). 2007. gada februārī Luiss Frīdmans (*Louis Friedman*), pārstāvējot Planetologu sabiedrību (*Planetary Society*), ieteica ILD ANO Komitejai par miermīlīgu attīstību kosmosā (*Committee for the Peaceful Uses of Outer Space, COPUOS*). ILD 2007. gadā neguva atbalstu no galvenajām ANO dalībvalstīm, iesākās globālā ekonomikas krīze un mainījās ASV kosmosa politika. Pētnieciskās misijas uz Mēness, kas bija paredzētas, notika pēc plāna, bet neizveidojās globāls pasākums IGY mērogā. Nezinot šo vēsturi, publicēju rakstu 2014. gada februārī “The International Lunar Decade” – <http://www.thespaceview.com/article/2431/1>. Raksts ieguva atsaucību, un 2014. gada novembrī prezentēju “International Lunar Decade Declaration” konferencē “The Next Giant Leap: Leveraging Lunar Assets for Sustainable Pathways to Space” Havajās, ko atbalsstīja konferences dalībnieki, izveidojot *International Lunar Decade Working Group (ILDWG)*, kas darbojās, lai veicinātu ILD kā globālu, ANO atzītu pasākumu no 2020. līdz 2030. gadam. ILDWG dalībnieki ir prezentējuši ILD koncepciju lielās starptautiskās konferencēs, kā arī 2016. un 2017. gadā COPUOS sēdēs. Vēstules ir rakstītas valstu prezidentiem un citām svarīgām personām, lai iegūtu oficiālu atzinību. Mērķis ir iegūt ANO oficiālu atzinību 2018. gadā.
- J. Sommers and V. Beldavs: *The Resurrection of Malthus: space as the final escape from the law of diminishing returns*. Profesors Dž. Sommers sniedza scenāriju, ka globālā ekonomika tuvojas krīzei, kuras risinājums var nākt ar rūpniecisku attīstību kosmosā.
- M. Turner: *Commercial Lunar ISRU for the Space Launch Industry: Cruder is Better*. Lai gan M. Turnera referāts bija ļoti intere-



sants, viņš neieradās un līdz ar to klausītāji to nedabūja noklausīties. Man gan bija plašas diskusijas ar autoru, kas ir izstrādājis radikāli vienkāršāku pieeju, kā attīstīt rūpniecību uz Mēness ar tirgus iespējām, ko citi nav paredzējuši. M. Turners paredz pārstrādāt Mēness virsmas materiālu *regolith* (regolīts), no tā iegūt bazalta šķiedru, skābekli, titānu, tēraudu un citus metālus, ko sākuma periodā izmantot Zemes pavadoņu veidošanai un tā radikāli samazināt izdevumus kosmosa attīstībai.

- V. Beldavs. *Space Strategy for Europe and the International Lunar Decade*. Galve-

Ilustrācijas no FB lapas par EPSC2017.

nais ieteikums – Eiropas Savienībai (ES) vajag pieņemt Mēness rūpniecisko attīstību kā Eiropas prioritāti. Tas stimulētu ekonomiku un paceltu ES globālo stāju. Eiropas politikas izdevumā *Euroactiv* 17. okt. 2017. publicēts raksts par šo ieteikumu. Viens slaidis no prezentācijas rāda, kā Francijas prezidents E. Makrons ielūdz ASV prezidentu D. Trampu piedalīties Mēness ciematā.

Plakātu sesijā mēs ar profesoru Dž. Sommersu sniedzām informāciju par topošo žurnālu “*Journal of Space Economics*”, kas piedāvās zinātniskus rakstus par kosmosa ekonomiku un politiku. Iecere ir, ka eventuāli izveidosies Kosmosa politikas un ekonomikas pētniecības centrs pie Latvijas Universitātes, kas varētu šo zinātnisko publikāciju izdevumu tālāk veidot un izdot. Otrs variants būtu, ka to izdotu Viskonsinas universitāte (*University of Wisconsin – Milwaukee*), kur Dž. Sommerss ir profesors. Pirmais izdevums ir iecerēts uz 2018. gada jūniju, kad Vīnē notiks AN (Apvienoto Nāciju) rīkotā *UNISPACE+50* konference [*Fifty years since the first United Nations Conference on the Exploration and Peaceful Uses of Outer Space (1968-2018)*]. D

PIRMO REIZI ZVAIGŽNOTAJĀ DEBEŠĪ

Vidvuds Beldavs – LU Atomfizikas un spektroskopijas institūta eksperts stratēģists topošajā nacionālajā pētniecības centrā FOTONIKA-LV – ir patriētījes latvietis, kas piedzima Nītaurē 1942. gadā, 1945. gada sākumā mātes rokās atstāja Latviju un devās trimdā. Savu mūžu pavadīja ASV, atgrieždamies dzimtenē 2012. gadā. ASV Ohaio valsts universitātē studējis fiziku un angļu literatūru, strādāja vairākās jomās, starp tām starptautiskajā firmā *Cummins* kā biznesa tendences padomdevējs (futūrists) stratēģiskajā plānošanas departamentā. Tajā laikā uzrakstīja zinātnisko fantāziju “Māris un Māra uz Marsa”, kas izveidojās no pasakām, ko stāstīja dēļiem: tēlota ir latviešu kolonija uz Marsa 500 gadu tālā nākotnē. 1989.-1990. gadā kā PBLA (Pasaules brīvo latviešu apvienība) ekonomikas darba grupas dalībnieks redīgēja sējumu “Ekonomikas stratēģija neatkarīgai Latvijai”, kurā bija vadošu latviešu speciālistu raksti, starp tiem prof. Juris Viksniņš par valūtas politiku, prof. Gundars Ķēniņš-Kings par ekonomikas attīstības iespējām un citi. Paša raksts bija par Latvijas tālāko nākotni – “Latvija 2018. gadā”. PBLA šo sējumu pasniedza Augstākajai Padomei 1990. gada 7. maijā, vēlot veiksmi veidot neatkarīgu Latvijas valsti ar atvērtu tirgus ekonomiku. Starptautiskā gaismas un gaismas tehnoloģiju gada 2015 Latvijas kontaktpersona.



Autors ar Rebeku, kurai patīk strādāt ar datoru.

JĀNIS KUZMANIS

URĀNS UN KOSMISKĀ EVOLŪCIJA

Ķīmiskais elements **urāns** kopš pagājušā gadsimta 40. gadiem kļuvis par kodolāikmeta simbolu. Attīstītajās valstīs reti kurš nebūs dzirdējis šo vārdu, kamēr vairākums pārējo tajā saklusa tikai iznīcības šausmas. Abstrahējoties no jebkādiem sabiedrības vielokļiem, autors šai rakstā centīsies parādīt urāna īpašo lomu Visuma procesos, hipotētiski – pat dzīvības attīstībā.

Urāns un tā īpašības

Periodiskās sistēmas 92. elements urāns vienkāršas vielas veidā ir smags (tā blīvums ir 19,1 g/cm³, gandrīz kā zeltam) sudrābpelēks metāls, kas gaisā ātri kļūst tumšāks, pārklājoties ar oksīdu plēvēti. Urāns pieskaitāms izkļūdētajiem elementiem, tonna visparastāko granītu var saturēt dažus gramus urāna, kamēr urāna rūdas ir retas. Atbilstoši ģeoloģiskajiem datiem par Zemes garozas sastāvu, urāna tajā ir vairāk nekā, piemēram, antimona, alvas, sudraba vai kadmija. Urāna ieguvei izmanto minerālus, kuros urāna oksīdu saturs pārsniedz 0,1%, kamēr pasaulē bagātākajās urāna rūdās tas sasniedz pat 20% (Kanāda, Saskačevāna).

Dabā sastopamais urāns ir triju radioaktīvu izotopu maisījums – aptuveni 99,27% ir urāns-238 (jeb ⁹²U²³⁸), bet 0,72% ir urāns-235 (⁹²U²³⁵), pārējais ir ⁹²U²³⁴. Niecīgos daudzumos tajā vēl ir ⁹²U²³³ un ⁹²U²³⁶. Urānam zināmi arī vairāki mākslīgi iegūti izotopi.

Urāna spilgtākā īpašība ir tā radioaktīvā sabrukšana jeb radioaktivitāte – urāna atomu kodoli sabrūk, veidojot citu, vieglāku atomu kodolus, izdalot dažāda veida radioaktīvo starojumu un lielus enerģijas daudzumus.

Radioaktīvi ir visi urāna izotopi, bet dažādā mērā.

Statistiski kāda izotopa radioaktīvās sabrukšanas ātrumu raksturo ar tā pussabrukšanas periodu – laiku, kādā attiecīgā procesa rezultātā sabrūk puse no izotopa sākotnējā atomu skaita. Pussabrukšanas periods var ilgt no niecīgām sekundēs daļām (tad dotā izotopa veidošanos izdodas konstatēt tikai netieši un ar speciālām metodēm) līdz daudziem miljardiem gadu (tos pieņem par stabilajiem¹ izotopiem).

Galvenajiem dabā sastopamajiem urāna izotopiem pussabrukšanas periodi ir šādi:

⁹²U²³⁴ 2,45×10⁵ gadi;

⁹²U²³⁵ 7,04×10⁸ gadi;

⁹²U²³⁸ 4,468×10⁹ gadi.

Zināmi daudzi citi radioaktīvi ķīmisko elementu izotopi, tomēr divu galveno urāna izotopu ilgmūžība un, galvenais, salīdzinoši vieglā veidošanās nosaka to, ka Visumā urāns (kopā ar kālija izotopu ³⁹K⁴⁰ un torija izotopu ⁹⁰Th²³²) ir ļoti svarīgs zvaigžņu enerģijas pārnēsētājs uz planētām.

Kā urāns veidojas?

Lielā Sprādziena teorijas ietvaros kā primārie elementi, kas radušies pirmajās Visuma pastāvēšanas minūtēs, minami tikai ¹H¹, ²He⁴,

¹ Te ir svarīgs izpētes metožu jutiņums. Līdz 2003. gadam bismuta izotops ⁸³Bi²⁰⁹, kas veido 100% dabiskā bismuta, tika uzskatīts par stabilu. Tagad mēs zinām, ka tā pussabrukšanas periods ir 1,9×10¹⁹ gadi, kas ievērojami pārsniedz pieņemto Visuma vecumu. Praktiski jebkurai bismuta lietošanas sfērai, ieskaitot medicīnisko, to var uzskatīt par neradioaktīvu.

mazā daudzumā arī ${}^1_1\text{H}^2$, ${}^2_2\text{He}^3$, ${}^3_3\text{Li}^7$, tāpat arī radioaktīvie ${}^1_1\text{H}^3$ un ${}^4_2\text{Be}^7$, kas, tālāk sabrūkot, veidoja ${}^2_2\text{He}^3$ un ${}^3_3\text{Li}^7$. Visi pārējie elementi radušies vēlāk, kodolsintēzes reakcijās zvaigžņu dzīlēs, tad zvaigžņu eksplozijās izdalījušies starpzvaigžņu telpā.

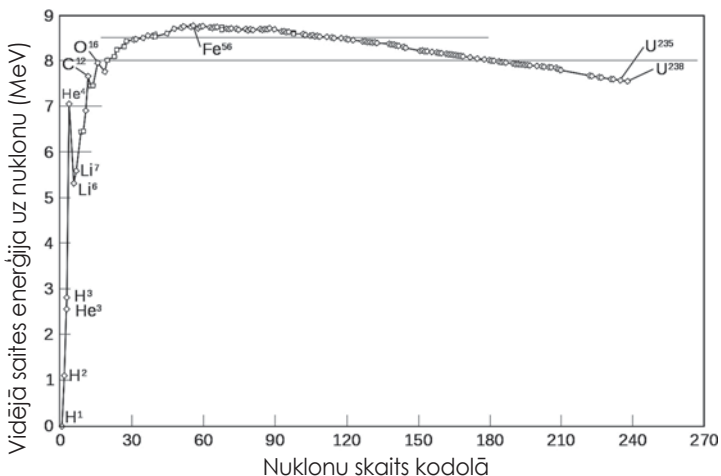
Pašu zvaigžņu veidošanās notiek, gravitācijas iespaidā koncentrējoties izklaidētiem ūdeņraža ${}^1_1\text{H}^1$ mākoņiem (ar nelielu He un pavisam niecīgu pārējo elementu atomu piemaisījumu), tiem tālāk sabīvējoties un sakarstot līdz stadijai, kad veidojuma centrā sākas kodolsintēzes reakcijas, konkrēti – hēlija veidošanās no ūdeņraža². Viss tālākais jaunradušās zvaigznes liktenis atkarīgs no tās sākotnējās masas.

Zvaigznēs ar masu līdz $0,4 M_{\odot}$, kur M_{\odot} ir Saules masa, dominējošā kodolsintēzes reakcija ir hēlija sintēze, jo temperatūra un spiediens zvaigznes centrā nerasniedz līmeni, kas nepieciešams hēlija iesaistei smagāku elementu kodolsintēzes procesos. Šādas zvaigznes ir sarkanie punduri, kas veido $\approx 85\%$ no mūsu Galaktikas zvaigznēm, un tās nevar būt vērā ņemams smago elementu veidošanās avots.

Zvaigznes sākotnējai masai pārsniedzot $0,4 M_{\odot}$, spiediens un temperatūra tās kodolā sasniedz lielumus, kas pieļauj arī grūtāk ierosināmu kodolsintēzes procesu norisi; kopā ar citiem lielākos daudzumos veidojas oglekļa, skābekļa, magnija, silīcija atomu kodoli – līdz dzelzij. Smagāku par ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ kodolu veidošanās jau prasa enerģijas patēriņu, kā tas redzams 1. attēlā.

Lielākos daudzumos smagie elementi veidojas supernovu sprādzienos, kad īsā brīdī triecienvilnī vienlaikus notiek ļoti daudz neitronus patērējošu kodolreakciju kopums (*rapid neutron capture* jeb *r*-process), tā

² Tam ir divi mehānismi – ${}^1_1\text{H}^1$ – ${}^1_1\text{H}^1$ ķēdes reakcija un CNO jeb oglekļa–slāpekļa–skābekļa cikls.



1. att. Nuklonu (protonu un neitronu) saistības enerģijas atkarība no nuklonu skaita kodolā. Līknes maksimums atbilst dzelzs izotopam ${}^{56}_{26}\text{Fe}$. *Vikipēdijas attēls*

produkti nespēj sabrukt un strauji izkļīst apkārtējā telpā³. Sprādziena produkti sākotnēji ir jonizētas plazmas stāvoklī ar temperatūru vairāki miljoni grādu; plazmai izplešoties un atdziestot, notiek rekombinācija atomos. Gadu miljonu laikā vesels lokāls kosmiskās telpas apgabals vairāku kiloparseku diametrā kļūst bagātināts ar smagajiem elementiem. Ja tagad šai apgabalā kaut kur atkal sākas zvaigžņu veidošanās process (un supernovu sprādzienu radītie triecienviļņi to veicina), tad jaunās zvaigznes un to planētu sistēmas ietver sevī kādreizējo kataklizmu produktus.

Bez aprēķiniem neiztikt!

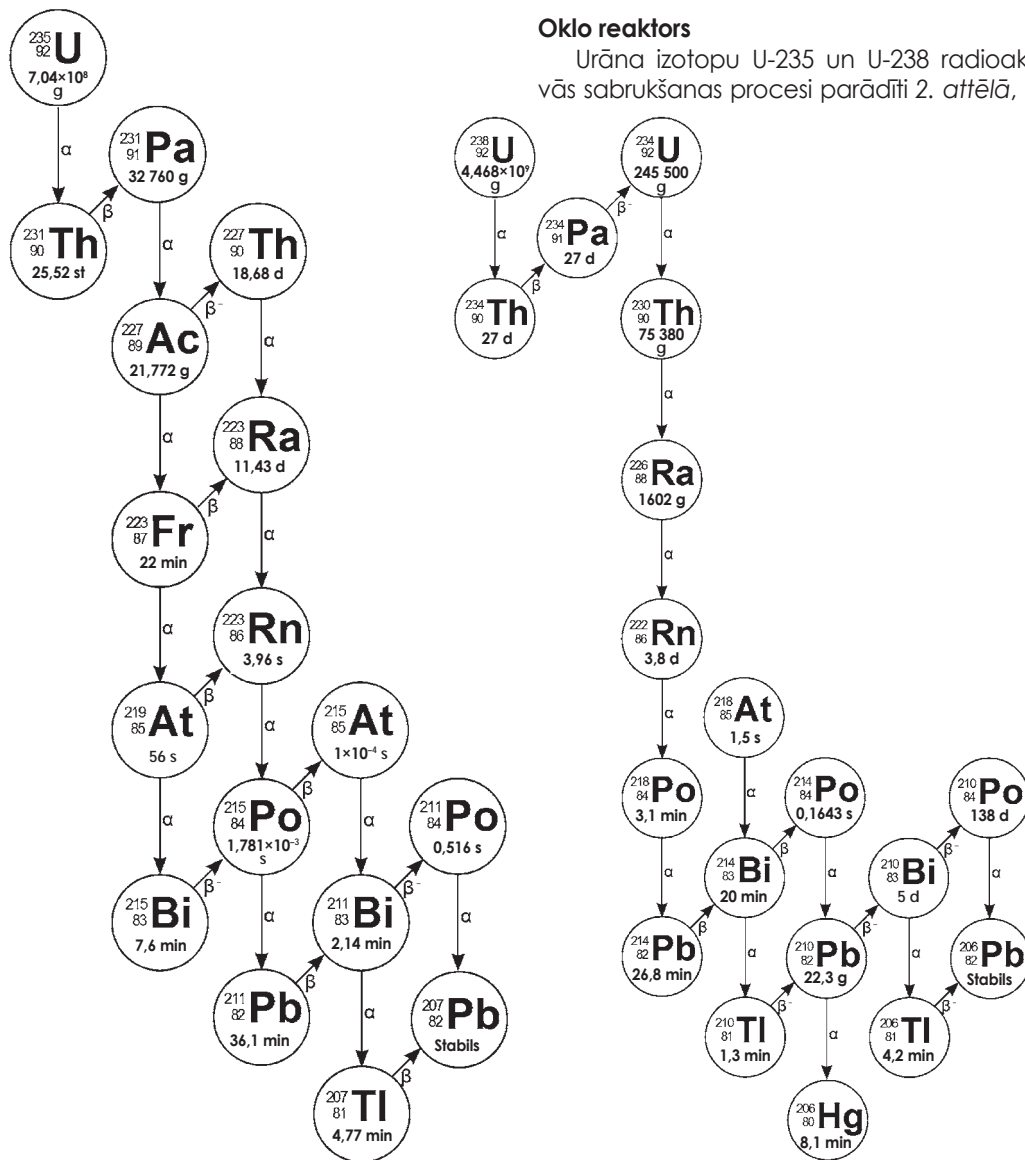
Turpmākajam svarīgākais ir fakts, ka dabā sastopamie urāna izotopi sabrūk ar dažādu ātrumu. Ātrāk sabrūkošo izotopu (ar īsāku pussabrukšanas periodu) procentuālais daudzums laika gaitā krītas. Aprēķināts – ja izotopa U-235 pašreizējā koncentrācija ir 0,72%,

³ Sīkāk par supernovām un elementu sintēzi tajās sk. ZvD rakstos: Balodis M. Daži procesi zvaigznēs kodolfizikā skatījumā. – 2002, Rudens, 7.–15. lpp. un Balklavs A. Izcili spoža I tipa pārnova – efektīva kosmiskā niķeļa kausētava. – 2003, Pavasaris, 13.–16. lpp.

tad pirms $1,7 \times 10^9$ gadiem tā bija 3%, kamēr Zemes kā planētas veidošanās periodā, pirms $4,65 \times 10^9$ gadiem, pat 20%.

Analizējot stabilo un radioaktīvo elementu izotopu attiecības zvaigžņu spektros, me-

teoriņu paraugos un uz Zemes atrodamajos minerālos, zinātnieki ir secinājuši, ka Saules sistēmas izveidē un tās izotopu sastāvu ietekmējuši vairāki ārpus sistēmas avoti, ticamākais – supernovas. [1]



2. att. Vienkāršotas abu galveno urāna izotopu radioaktīvās sabrukšanas procesu shēmas.

Autora modificēti Vikipēdijas attēli

stabilie galaprodukti ir svina izotopi. Papildus tam U-235 izotopa kodoliem (kopā ar Pu-239, U-233 un dažiem citiem dabā tikpat kā neatrodamiem, bet mākslīgi sintezējamiem izotopiem) piemīt spēja viegli šķelties lēno neitronu iedarbībā, veidojot krietni vieglāku elementu izotopu kodolus (sarežģītu maisījumu, tā nav skaidra shēma, kā 2. att.) un atkal neitronus (kopā ar citu radioaktīvo starojumu). Procesā izdalās daudz enerģijas – apmēram 2×10^{13} J/kg, pieņemot, ka U-235 sadalās simtprocentīgi. Tā kā jaunradušies neitroni var izraisīt nākamo U-235 kodolu sabrukšanu, process noteiktos apstākļos kļūst pašuzturošs – veidojas ķēdes reakcija.

Tieši tas nosaka U-235 izmantošanu par enerģijas avotu gan kodolreaktoros, gan atombumbās. Tur var izmantot arī citus izotopus, kuros iespējama ķēdes reakcija, bet U-235, kā dabā sastopamais, šim mērķim ir pats pieejamākais. U-238 kodoli tik viegli nešķeļas.

Ķēdes reakcijas praktiskās realizācijas īpatnības prasa, lai kodolreaktoriem paredzētais urāns saturētu vismaz 3% U-235, kamēr lietošanai atombumbās paredzētajam jeb "ieroču kvalitātes" urānam jā satur vismaz 20% U-235. Tā sasniegšanai kalpo speciālas bagātināšanas rūpnīcas, kurās veic urāna izotopu pakāpenisku nodalīšanu, līdz tiek saņemts nepieciešamais U-235 izotopa saturs.

Urāns, kas pagājušā gadsimta sākumā (savienojumu veidā) bija maznozīmīgs kalnrūpniecības blakusprodukts, bet trīsdesmitajos gados tika izmantots praktiski tikai rādija ieguvei, pēc kodolieroču radīšanas pēkšņi kļuva par stratēģisko izejvielu Nr. 1. Visos zemeslodes nostūros tika apzināti urāna rūdu krājumi, pēfīti to ieguves un pārstrādes procesi. Vienlaikus tika veidota arī urāna (un pārējo kodolmateriālu) starptautiska kontroles un uzraudzības sistēma. Saprotams – jo vairāk U-235 satur urāna paraugs, jo tas ir vērtīgāks un vienlaikus tā gaitām jāseko stingrāk. Visos šajos ražošanas un kontroles procesos standartoperācija ir masspektrometrija, kas

sniedz precīzus datus par urāna izotopu attiecībām paraugos.

1972. gadā kādā urāna bagātināšanas uzņēmumā Francijā atgadījās neparedzētais – pārstrādei saņemtajos UF₆ paraugos⁴ masspektrometriski konstatēja tikai 0,6% U-235, nevis 0,72%, kā tam būtu jābūt. Starpība tālu pārsniedza gan metodes kļūdu robežas, gan dabisko izkliedi, tāpēc nekavējoties tika sākta izmeklēšana – vai kāda porcija stratēģiski svarīgā U-235 nav aizgājusi "pa kreisi".

Izmeklēšanas rezultāti parādīja, ka U-235 iztrūkums bija jau izejas rūdā, no kuras tika saražota attiecīgā UF₆ partija (tā kā rūdas stadijā izotopu bagātināšana nav iespējama, to iepriekš nepārbauda). Visa aizdomīgā rūda bija nākusi no vienas atradnes Oklo, Gabonā, Rietumāfrikā (sk. 3. att.). Sekoja sīkākā pētījumi, kuru rezultāti liecināja ko pavisam negaidītu – Oklo rajonā pirms 1,7–2 miljardiem gadu, kad U-235 saturs dabiskajā urānā bija >3%, urāna rūdu iegulās risinājusies dabiski izraisījusies U-235 šķelšanās ķēdes reakcija⁵. Kopā Oklo konstatētas 15-16 iegulas⁶ ar pazeminātu U-235 saturu (līdz 0,44%), lēsts, ka to kopējais ķēdes reakcijās patērētais U-235 daudzums sasniedzis 5 t, kas nodrošinājis kopējā "dabiskās izcelsmes kodolreaktora" darbību vairākus simttūkstošus gadu, radot vietēju sasilšanu un, iespējams, geizeriem līdzīgus efektus. Uzskata, ka noteicošais faktors Oklo ir bijusi unikāla dabisko apstākļu sagādāšanās – hidrotermāla urāna rūdu izgulsnēšanās koncentrētā veidā dzīslās kopā ar ūdens kā neitronu palēninātāja klātbūtni un tolaik pa-

⁴ Urāna bagātināšanas procesā vispirms iegūst tīru urāna heksafluorīdu UF₆, kas ir viegli gaistošs. To gāzveida fāzē ar centrālās daļes spēku sadala speciāli izveidotās supercentrífūgās, kas ir pagaidām lētākais urāna bagātināšanas process.

⁵ Jau 1956. gadā līdzīgu situāciju teorētiski bija paredzējis P. Kuroda, bet tolaik to neviens neuztvēra nopietni.

⁶ Dati dažādos avotos atšķiras, jo viena no šīm iegulām ir Bangombē, 35 km uz DA no Oklo.



3. att. Pirms vairāk nekā miljarda gadu te darbojās dabiskas izcelsmes kodolreaktors.

J. A. Goedkoop ilustrācija

stāvošo 3–3,1% U-235 izotopa saturu radīja ķēdes reakcijas startam labvēlīgus apstākļus. Ja cilvēku radītajos kodolreaktoros ķēdes reakcijas intensitāti kontrolē no ārpusē ar palēnītāja stieņu palīdzību, tad Oklo, domājams, tas risinājies automātiski, ūdenim periodiski uzvāroties un pārtraucot reakciju. Pagaidām cita līdzīga kādreizējās ķēdes reakcijas norises vieta uz Zemes nav konstatēta.

Vai trešais faktors?

Kopējā enerģijas (siltuma) plūsma no Zemes dzīlēm mūsdienās ir aptuveni 47 TW (teravati, 1 TW = 10^{12} W), ko aptuveni līdzīgās daļās veido radioaktīvo izotopu sabrukšana un Zemes veidošanās procesā sakarsušā materiāla atdzišana. Tieši šī enerģijas plūsma ir atbildīga par lielāko daļu ģeoloģisko procesu norisi, ieskaitot tektoniku (zemestrīces, vulkānu izvirdumus un kontinentālo plātņu kustību), kā blakusefektu radot Zemes magnētisko lauku.

Zeme no Saules saņem aptuveni $3,5 \times 10^3$ reizes lielāku enerģijas plūsmu, bet šī enerģija vispirms jau daļēji absorbējas atmosfērā un atstarojas, kamēr līdz Zemes virsmai nonākošais starojums ietekmē tikai pašu virskārtu (no desmitiem cm sauszemē līdz dažiem simtiem m okeānos). Tādēļ Saules starojums nekādi neietekmē Zemes dziļu procesus.

Minētā kopējā enerģijas plūsma no Zemes dzīlēm ir izmērāma un tiek aizvien precizēta, kamēr ar tās diviem galvenajiem avotiem un to attiecībām ir sarežģītāk. Dziļurbumi ļauj iegūt iežu paraugus līdz ≈ 10 km dziļumam, bet tie ir ārkārtīgi dārgi. Pārējās sauszemes un kontinentālo šelfu platības ir pēfītas ne vairāk kā līdz pāris kilometru dziļumam, ar datu ekstrapolāciju puslīdz varam spriest par Zemes ārējo slāņu sastāvu līdz

kādu simt kilometru dziļumam. Dziļāk nākas paļauties uz modeļiem.

Daudz precīzāk varam runāt par radioaktīvās sabrukšanas radītā Zemes dziļu siltuma izmaiņām laika gaitā. To nosaka četri galvenie radioaktīvie izotopi – K-40, Th-232, U-235 un U-238, kuru pussabrukšanas periodi ir zināmi, kas ļauj iegūt ļoti informatīvu ainu (sk. 4. att. nāk. lpp.). Tātad mūsdienās urāns un torijs kopā nodrošina $\approx 80\%$ Zemes radiogēnā siltuma (ap 20% dod kālijs), kamēr planētas veidošanās brīdī torija ieguldījums bija tuvu 10%, bet urāns (abi izotopi) un kālijs līdzīgās daļās radīja atlikušos 90% (protams, pati radiogēnā siltuma plūsma arī bija lielāka, sk. att.).

Papildu apstiprinošos datus, šoreiz par visu mūsu planētu kopumā, sniedz Kamiokandes neitrīno observatorijā veiktie ģeoneitrīno novērojumi, kuros detektēja kopējo Zemes izcelsmes neitrīno plūsmu, ko rada U-238 un Th-232 sabrukšana. Tā kā neitrīno ļoti vāji mijiedarbojas ar citām daļiņām, tad šādi tiešām iegūst datus par radioaktīvās sabrukšanas procesiem visā Zemes šķērs griezumā, lielākās problēmas ir ar pašu neitrīno detektēšanu. Iegūtais apstiprināja iepriekšējos priekšstatus

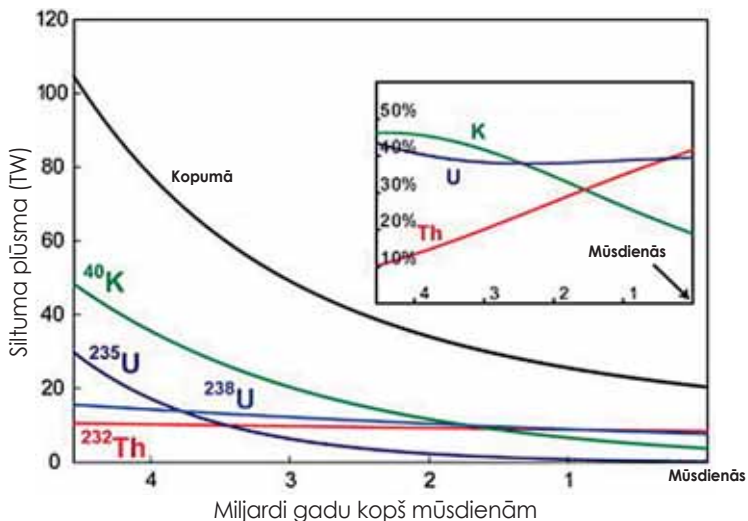
par aptuveni līdzvērtīgo radioģenā siltuma un sākotnējā Zemes materiāla atdzišanas radītā siltuma plūsmu no Zemes dzīlēm.

Apkoposim stāstīto – urāns (kopā ar toriju un kāliju) ir avots planetāra mēroga no Zemes dzīlēm nākošai siltuma plūsmai miljardiem gadus ilgi. Vienlaikus urāna izotops U-235 pirms pāris miljardiem gadu tieši periodā, ko saista ar dzīvības izcelšanos uz Zemes, zināmos apstākļos varēja radīt "dabiskas izcelsmes kodolreaktorus" – lokālus enerģijas avotus, kas dod ievērojamas siltuma (un karsta ūdens) plūsmas simtiem tūkstošu gadu. Te rodama analogija ar hidrotermālajiem avotiem⁷ Zemes okeānu dzīlēs

– veselām ekosistēmām ar simtiem organismu sugu (no mikrobiem līdz vēžveidīgajiem), kuru eksistenci pilnībā nodrošina planētas dzīļu siltuma plūsma, Saules gaismā un fotosintēze tām nav vajadzīga.

Tagad paraudzīsimies kosmosā. Dzīvības pastāvēšanai, vismaz tās vienīgajā mums pazīstamajā formā, *pirmais un būtiskākais faktors* ir planētas atrašanās t.s. apdzīvojamības joslā – tādā attālumā no zvaigznes, ka uz planētas virsmas ir šķidrums ūdens. Kosmisko aparātu dati apliecina zemvirsmas šķidra ūdens okeānu eksistenci uz vairākiem Jupitera un Saturna pavadoņiem – Eiropas, Ganimēda, Kallisto, Encelada, no kuriem Eiropa tiek minēta kā nākamais ārpuszemes dzīvības meklējumu mērķis. Šie pavadoņi atrodas ārpus Saules sistēmas apdzīvojamības joslas,

⁷ Kuzmanis J. Pasaules mums līdzās. – *Terra*, 2005, janvāris-februāris, 20.-23. lpp.



4. att. Šādi laika gaitā mainījusies četru galveno radioaktīvo izotopu radītā siltuma plūsma Zemes dzīlēs absolūtos skaitļos (*lielais grafiks*) un procentuāli izotopu ieguldījumam (*mazais grafiks*).
Attēls no [2]

bet sasīšanu līdz šķidra ūdens pastāvēšanai nodrošina *otrs faktors* – gravitācijas paisuma efekti. Rakstā minētais ļauj secināt, ka dabiskā radioaktivitāte, jo īpaši Saules sistēmas agrīnajā periodā, varēja kalpot kā ilglaicīgs enerģijas avots dzīvības uzturēšanai – *trešais iespējamais faktors*.

Avoti:

1. Schiller, Martin; Paton, Chad; Bizzarro, Martin. Evidence for nucleosynthetic enrichment of the protosolar molecular cloud core by multiple supernova events. – *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 149, 2015, p. 88–102.
2. Ricardo Arevalo Jr., William F. McDonough, Mario Luong. The K/U ratio of the silicate Earth: Insights into mantle composition, structure and thermal evolution. – *Earth and Planetary Science Letters*, Vol. 278, lss. 3–4, 25 February 2009, p. 361–369. D

PROFESORA ANDREJA ALKŠŅA ZINĀTNISKO DARBU SARAKSTS (turpinājums)

1981 – 1990

82. **Alksnis, A.**; Zacs, L. Extragalactic Nova or Unusual U Gem-Type Variable? – IBVS, 1981, No. 1972, 1-2.
83. **Alksnis, A.**; Začs, L. Two Variable Stars in the Cluster NGC 7128. – Perem. Zvezdy, 1981, Vol. 21, p. 499-503.
84. Alksne, Z.; **Alksnis, A.** Carbon Stars – Possible Members of Open Clusters – Part One – Variable Carbon Star BC89 in the Cluster NGC744. – Nauchnye Inform., 1981, No. 47, p. 65-70.
85. **Alksnis, A.** Veränderlichkeit einiger C-Sterne mit sehr langen Perioden. – Mitt. Veränderliche Sterne, 1981, Band 9, p. 25-34.
86. Alksne, Z.; **Alksnis, A.**; Eglītis, I. New carbon stars at galactic longitudes 128-140. – ISKZ, 13, 1981, p. 5-11.
87. Alksne, Z.; **Alksnis, A.** Carbon stars – possible members of open clusters. IV. Four carbon stars in the surroundings of the cluster NGC 1528 = C011+511. – ISKZ, 14, 1981, p. 28-43.
88. **Alksnis, A.** Carbon stars – possible members of open clusters. V. HN Aur – a carbon star in the centre of the cluster NGC 1664 = C 0447+436. – ISKZ, 14, 1981, p. 44-50.
89. **Alksnis, A.**; Eglītis, I. Photometric and spectral changes of the carbon star RW LMi = IRC+30219. – ISKZ, 1981, No. 15, p. 24-44.
90. Alksne, Z.; **Alksnis, A.** Carbon stars – possible members of open clusters. II. The carbon star CCS 65 near the cluster NGC 457. – ISKZ, 12, 1981, p. 5-19.
91. Alksne, Z.; **Alksnis, A.** New carbon stars BC 201 – BC 217. – ISKZ, 12, 1981, p. 24-30.
92. Alksne, Z.; **Alksnis, A.** Carbon stars as possible members of open clusters. VII – The carbon star MZ CEP and the M-type supergiant MY CEP in the cluster NGC 7419 = C22252 + 605. – Nauchnye Inform., 1982, no. 50, p. 113-119.
93. Alksne, Z.; **Alksnis, A.**; Eglītis, I. Carbon Stars Found on Infrared Plates at the Galactic Longitude 86DEG. – Nauchnye Inform., 1983, No. 52, p. 138-141.
94. **Alksnis, A.K.** Investigations of carbon stars at the Radioastrophysical Observatory of the Latvian SSR. – Izv. Akad. Nauk LatvSSR, 1983, No. 4, p. 93-97.
95. **Alksnis, A.K.** Carbon stars with gaseous dust envelopes. – Izv. Akad. Nauk LatvSSR, 1983, No. 4, p. 98-101.
96. **Alksnis, A.**; Eglīte, M. Some relationships in the light variability of the object CIT 6 = RW LMi. – ISKZ, 1983, No. 18, p. 36-56.
97. **Alksnis, A.**; Ozolina, V. Search for faint carbon stars in a field centered at $l = 86^\circ$, $b = 0^\circ$. – ISKZ, 1983, No. 19, p. 40-46.
98. Sharov, A.S.; **Alksnis, A.K.** On Novae in the Central Region of M31. – Astronom. Tsirk., 1983, No. 1256.
99. **Alksnis, A.**; Rudzinskis, A. Unusual Light Variations of the Carbon Star AFGL 2881. – IBVS, 1984, No. 2572, 1-3.
100. **Alksnis, A.**; Alksne, Z. Long Period Variable Carbon Stars at Galactic Longitude 86d. – IBVS, 1984, No. 2600, 1-3.
101. **Alksnis, A.**; Eglīte, M. Properties of variability of extreme carbon star CIT 6=RW LMi. – Nauchnye Inform., 1984, Vol. 56, p. 125-128.
102. **Alksnis, A.**; Johnson, H.R. Bibliography U.R.S.S. – Bull. Etoiles Tardives Spectre Particulier, 1984, No. 1, p. 9-11.
103. Urgitis, I.I.; Platajš, I.K.; **Alksnis, A.K.**; Rydzinskis; Grasberg, E.K.; Eglītis, I.E.; Ozolīna, V. Comet Observations [069 Baldone]. – Minor Planet Circular 10196, 15 (1985).
104. Alksne, Z.; **Alksnis, A.**; Dzervitis, U.; Komarov, N. S. Book-Review – Properties of Galactic Carbon Stars. – Soviet Astronomy, 1985, Vol. 29, No. 3, p. 357.
105. **Alksnis, A.** Investigation of carbon stars at the Radio Astrophysical Observatory of the

- Academy of Sciences of the Latvian SSR. – 50 years scientific work of VAGO, 1985, p. 134-138.
106. **Alksnis, A.**; Daube, I.; Rudzinskis, A. Light variations of some carbon-rich infrared objects. – ISKZ, 1985, No. 22, p. 33-70.
107. Alksne, Z.; **Alksnis, A.** On the variability of the SC-type Mira variable LX Cyg. – ISKZ, 1985, No. 22, p. 85-99.
108. **Alksnis, A.**; Alksne, Z. Light variations of the Mira-type S star V1338 Cyg. – ISKZ, 1985, No. 23, p. 9-18.
109. **Alksnis, A.** Catalogue of carbon stars found at Baldone. – Abastumanskaya Astrofiz. Obs., Byull., 1985, No. 59, p. 81-82.
110. **Alksnis, A.**; Jumike, Z. Behaviour of RW LMi during 1982-1985. – ISKZ, 1986, No. 24, p. 5-30.
111. **Alksnis, A.**; Alksne, Z.; Platais, I.; Ozolina, V. New carbon stars at the galactic longitude of 82°. – ISKZ, 1987, No. 25, p. 5-12.
112. **Alksnis, A.**; Alksne, Z.; Ozolina, V.; Začs, L. Light variations of the carbon stars CIT 13, CIT 5 and IRC+10216. – ISKZ, 1987, No. 26, p. 31-59.
113. **Alksnis, A.**; Khozov, G.V. Variability of the radiation of the carbon star CIT 6 = RW LMi. – ISKZ, 1987, No. 27, p. 55-69.
114. **Alksnis, A.**; Larionov, V.M.; Larionova, L.V.; Rudzinskis, A. Optical and infrared photometry of the carbon star AFGL 2881. – ISKZ, 1987, No. 27, p. 80-88.
115. Alksne, Z.; **Alksnis, A.**; Ozolina, V.; Platais, I. Cool Carbon Stars Found with the Baldone Schmidt Telescope – 1987 ED. – Bull. d'Inform. du Centre de Donnees Stellaires, 1988, No. 35, p.143-144.
116. **Alksnis, A.A.**; Zacs, L.; Kopylov, I.M.; Somov, N.N. The Violet Spectrum of the Object CIT:6. – Soviet Astronomy Letters, 1988, Vol. 14, No. 5/Sep, p. 352-354.
117. **Alksnis, A.**; Zacs, L.; Kopylov, I.M.; Somov, N.N. The violet region in the spectrum of the object CIT 6 = RW LMi. – Pis'ma v Astronom. Zhurnal, vol. 14, Sept. 1988, p. 830-834.
118. **Alksnis, A.**; Larionov, V.M.; Larionova, L.V.; Rudzinskis, A. Optical and Infrared Variability of the Object AFGL:2881 and its Neighbouring Red Star. – Astrophysics, 1988, Vol. 28, No.3/Nov, p. 349-354.
119. **Alksnis, A.**; Alksne, Z.; Ozoliņa, V.; Platais, I. New carbon stars BC 273 – BC 310 found at the galactic longitude $l=94^\circ$. – Nauchnye Inform., 1988, Vol. 65, p. 162-173.
120. **Alksnis, A.**; Kižla, J. V-, R-magnitudes for comparison stars of nine carbon stars in the Cygnus field. – ISKZ, 1988, No. 28, p. 15-25.
121. Alksne, Z.; **Alksnis, A.**; Jumike, Z. Variability of the S-type star CSS 1259. – ISKZ, 1988, No. 29, p. 5-15.
122. **Alksnis, A.**; Alksne, Z.; Platais, I.; Ozolina, V. New carbon stars BC 311 – BC 318. – ISKZ, 1988, No. 29, p. 16-21.
123. **Alksnis, A.**; Balega, I.I.; Balega, Yu.Yu.; Duncāns, L.; Šmels, I. Speckle interferometric search for multiple carbon stars. – ISKZ, 1988, No. 29, p. 22-27.
124. **Alksnis, A.**; Larionov, V.M.; Larionova, L.V.; Rudzinskis, A. Optical and Infrared Variability of the Object AFGL:2881 and its Neighbouring Red Star. – Astrofizika, 1988, Vol. 28, Issue 3, p. 586-594.
125. **Alksnis, A.** CW Leo = IRC +10216 has Returned to a High Light Level. – IBVS, 1989, 3315, 1-2.
126. **Alksnis, A.** On the Variability of the Dusty Carbon Star LP And. – IBVS, 1989, 3396, 1-2.
127. Sharov, A.S.; **Alksnis, A.** Presumed novae in M 31. – Pis'ma v Astronom. Zhurnal, vol. 15, Oct. 1989, p. 885-889.
128. Sharov, A.S.; **Alksnis, A.K.** Putative Novae in M31. – Soviet Astronomy Letters, 1989, Vol.15, No. 5/Sep, p. 382-384.
129. Alksne, Z.; **Alksnis, A.**; Ozolina, V.; Jumike, Z. Long-term observations of the variability of WX Cyg, MQ Cyg, V1666 Cyg and V437 Per. – ISKZ, 1989, No. 30, p. 20-39.
130. Alksne, Z.; **Alksnis, A.**; Ozolina, V.; Platais, I. Cool carbon stars found with the Baldone Schmidt telescope. – ISKZ, 1989, No. 30, p. 40-60.
131. **Alksnis, A.**; Larionov, V.M. K-, H-, R(0,63)-photometry of carbon stars in a region of Cygnus. – ISKZ, 1989, No. 31, p. 54-69.
132. **Alksnis, A.**; Jumike, Z. Photometric observations of CIT 6 = RW LMi in 1987-1988. – ISKZ, 1989, No. 31, p. 70-79.

133. **Alksnis, A.**; Eglite, M.; Platais, I. V1129 Cyg is not an Optical Counterpart of IRC +30374 = AFGL 2417. – IBVS, 1990, 3418, 1-3.
134. **Alksnis, A.**; Ozolina, V. Periodicity in light variations of the carbon star BC 45. – ISKZ, 1990, No. 33, p. 78-82.
135. **Alksnis, A.**; Jumike, Z. Light variations of the carbon star DY Per in 1975-1990. – ISKZ, 1990, No. 33, p. 83-98. 19990ISKZ..3383A-3citēj.92009-2012)
136. **Alksnis, A.** Variability of carbon stars. - In: From Miras to planetary nebulae: Which path for stellar evolution?; Proceed of the Intern. Colloq., Montpellier, France, Sept. 4-7, 1989 (A91-46697 20-90). Gif-sur-Yvette, France, Ed. Frontieres, 1990, p. 279-285.
- 1991 – 2000**
137. **Alksnis, A.** DY Persei. – IAU Circ., 5400, 2 (1991). Edited by Green, D.W.E.
138. Sharov, A. S.; **Alksnis, A.** Novae in M31 discovered with wide field telescopes in Crimea and Latvia. – Ap&SS, vol. 180, no. 2, June 1991, p. 273-286. 1991Ap&SS.180..273S – 25 citēj. (1992-2014)
139. **Alksnis, A.**; Jumike, Z. Light variations of RW LMi in 1989-1990. – ISKZ, 1991, No. 34, p. 82-87.
140. Sharov, A.S.; **Alksnis, A.** Known novae of M31 on plates obtained in Crimea and Latvia. Ap&SS, vol. 188, no. 1, Feb. 1992, p. 143-149.
141. Sharov, A.S.; **Alksnis, A.** Novae in M31 discovered with wide-field telescopes in Crimea and Latvia – The maximum magnitude versus rate of decline relation for Novae in M31. – Ap&SS, vol. 190, no. 1, April 1992, p. 119-130. 1992Ap&SS.190..119S – 14 citēj. (1993-2015)
142. **Alksnis, A.**; Jumiķe, Z. On light variations of four carbon stars in a field centered on $l = 74^{\circ}3$ $b = +1^{\circ}8$ (near NGC 6871). – ISKZ, 1992, No. 35, p. 5-15.
143. **Alksnis, A.**; Jumiķe, Z. On light variations of four carbon stars in a field centered on $l = 98^{\circ}3$, $b = +0^{\circ}3$ (near NGC 7128). – ISKZ, 1992, No. 35, p. 16-29.
144. **Alksnis, A.**; Jumiķe, Z. Photometric behaviour of the long-period variable carbon star V367 Lac. – ISKZ, 1992, No. 35, p. 30-35.
145. **Alksnis, A.**; Žaime, D. Light variations of the carbon stars AFGL 2233 and AFGL 2901. – ISKZ, 1992, No. 35, p. 36-41.
146. Ryl'kov, V.P.; Bronnikova, N.M.; Dement'eva, A.A.; **Alksnis, A.K.** Photographic positional observations of Pluto in 1991. – Kinematika i Fizika Nebesnykh Tel, 1993, vol. 9, no. 4, p. 22-29.
147. Ryl'kov, V.P.; Bronnikova, N.M.; Dement'eva, A.A.; **Alksnis, A.K.** Photographic positional observations of Pluto in 1991. – Kinematics Phys. Celest. Bodies, 1993, Vol. 9, No. 4, p. 21-27.
148. **Alksnis, A.**; Žaime, D. Optical variations of three carbon stars with silicate dust shells. – Baltic Astronomy, 1993, vol. 2, p. 281-293.
149. Sharov, A.S.; **Alksnis, A.** Novae in M 31 in 1993. – Astron. Lett., Vol. 20, Iss. 6, November 1994, p. 711-712; Pis'ma v Astronom. Zhurn., Vol. 20, p. 820-821.
150. **Alksnis, A.** DY Per – a Carbon Star of the RCB Type. – Baltic Astronomy, 1994, vol. 3, No. 4, p. 410-425. 1994BaltA...3..410A – 21 citēj. (1996-2012)
151. Sharov, A.S.; **Alksnis, A.** A distant nova in the disk of M 31 in 1994. – Astron. Lett., Vol. 21, Iss. 5, September 1995, p. 579-580; Pis'ma v Astronom. Zhurn., Vol. 21, p. 650-651.
152. **Alksnis, A.K.** Carbon stars. – Bull. of the Crimean Astroph. Observ., 1995, Vol. 90, p. 62-64.
153. **Alksnis, A.K.** Carbon stars. – Izv. Krym. Astrofiz. Obs., 1995, Tom 90, p. 69-72.
154. **Alksnis, A.** Photographic Photometry of the Carbon Star RW LMi (CIT6) during 1989-1995. – Baltic Astronomy, 1995, vol. 4, p. 79-87. 1995BaltA...4...79A – 12 citēj. (1997-2014)
155. Sharov, A.S.; **Alksnis, A.** Novae in M 31 in 1995. – Astron. Lett., Vol. 22, Iss. 5, September 1996, p. 680-685; Pis'ma v Astronom. Zhurn., Vol. 22, p. 757-763.
156. Ryl'kov, V.P.; Dement'eva, A.A.; **Alksnis, A.**; Straume, J.I. Photographic observations of Pluto 1991-1994 with the Baldone Schmidt telescope. – A&AS, 1996, v. 118, p. 105-110.
157. Ryl'kov, V.P.; Dement'eva, A.A.; **Alksnis, A.**; Straume, J.I. Pluto 1991-1994 observations (Ryl'kov+, 1996). – Vizier On-line Data Catalog: J/A+AS/118/105.

Originally published in: 1996A&AS..118..105R
1996yCat..41180105R

158. **Alksnis A.**, Larionov V.M., Larionova L.V. AFGL 2881 = V366 Lac: a carbon star with unusual light curve. – *Baltic Astronomy*, 1997, vol. 6, No. 3, p. 377-390.
159. **Alksnis A.**, Platais I. Thirty years of research with the Baldone Schmidt telescope. – *Baltic Astronomy*, 1997, vol. 6, No. 3, p. 471-479.
160. **Alksnis A.**, Sharov A.S., Shokin Yu.A., Evstigneeva N.M. More flares of HY Andromedae. – *Commis. 27 and 42 of the IAU IBVS*, 1997, No. 4491, p. 1-2.
161. Alksne, Z.; **Alksnis, A.**; Ozolina, V.; Platais, I. Carbon stars from Baldone telescope (Alksne+ 1987). – *VizieR On-line Data Catalog: III/140*. Originally published in: *Radioastrophys. Observatory Latvian Academy of Sciences, Riga (1987)* 1997yCat.3140....0A
162. Шаров А.С., **Алкснис А.** Новые в М31 в 1996 г. – *Письма в Астрон. Журн.*, 1997, т. 23, No. 7-8, с. 614-619; = *Astron. Lett. A Journal of the Russian Acad. of Sc.*, vol. 23, No. 4, 1997, p. 540-544.
163. **Alksnis A.** Some carbon stars with unusual light variation. – *Astronomical and Astrophysical Transactions*, 1998, vol. 15, p. 131-135.
164. **Alksnis A.**, Balklavs A., Eglitis I. Updating of the Catalogue of Cool Galactic Carbon Stars. – In: *Modern Problems of Stellar Evolution*. – Moscow, Geos, 1998, p. 279-281.
165. Samus, N.N.; Inasaridze, R.; Kimeridze, G.; Nikolashvili, M.; **Alksnis, A.**; Sharov, A. Nova in M31. – *IAU Circ.*, 7028, 3 (1998). Edited by Green, D.W.E.
166. **Alksnis A.**, Balklavs A., Dzervitis U., Eglitis I. Absolute magnitudes of carbon stars from HIPPARCOS parallaxes. – *A&A*, 1998, vol. 338, p. 209-216. 1998A&A...338..209A – 24 citēj. (1999-2016)
167. **Alksnis A.**, Balklavs A., Eglitis I., Paupers O. Baldone Schmidt telescope plate archive and catalogue. – *Baltic Astronomy*, 1998, vol. 7, No. 4, p. 653-668.
168. Sharov A.S., **Alksnis A.** On the recent nova in NGC 205. – *Commis. 27 and 42 of the IAU IBVS*, 1998, No. 4553, p. 1-3.
169. Шаров А.С., **Алкснис А.**, Недряков П.Л., Шокин Ю.А., Куртев Р.Г., Иванов В.Д. О трёх замечательных новых в М31. – *Письма в Астрон. Журн.*, 1998, т. 24, No. 7, с. 519-525; = *Astron. Lett.*, vol. 24, No. 4, p. 445-450.
170. Шаров А.С., **Алкснис А.** Новые в М31 в 1997 г. – *Письма в Астрон. Журн.*, 1998, т. 24, No. 10, с. 743-747; = *Astron. Lett.*, vol. 24, No. 5, 1998, p. 641-644.
171. **Andrejs Alksnis**, Arturs Balklavs, Ilgmārs Eglītis, Oskars Paupers. Baldones observatorijas Šmita teleskopa astronomisko uzņēmu arhīvs un katalogs. – *Latvijas Zinātņu Akadēmijas Vēstis (Proceed. of the Latv. Acad. of Sci.)*. A. – 1999, 53.sēj., 4./5./6. (603./604./605.) nr., 134.-140. lpp.
172. Sharov A.S., **Alksnis A.**, Zharova A.V., Shokin Yu.A. Novae in M31 in 1998. – *Astron. Lett.*, vol. 26, No. 7, July 2000, p. 433-438.
173. **Alksnis A.**, Zharova A.V. PT Andromedae: the recent outburst and earlier ones. – *IAU IBVS*, No. 4909, 16 June 2000, p. 1-4.
- ### 2001 – 2009
174. **Alksnis A.**, Balklavs A., Dzervitis U., Eglitis I., Paupers O., Pundure I. General Catalog of Galactic Carbon Stars, 3d Ed. (Alksnis+ 2001). – [http://cdsarc.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR?-meta.footer&-source=III/227.2001ycat3227..oA-8citēj.\(2002-2016\)](http://cdsarc.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR?-meta.footer&-source=III/227.2001ycat3227..oA-8citēj.(2002-2016)).
175. **Alksnis A.**, Balklavs A., Dzervitis U., Eglitis I., Paupers O., Pundure I. General Catalog of Galactic Carbon Stars by C.B. Stephenson (Errata). – *Baltic Astronomy*, 2001, vol. 10, No. 3, p. 461-477.
176. **Alksnis A.**, Larionov V.M., Larionova L.V., Shenavrin V.I. Multicolor variability of the carbon star DY Per. – *Baltic Astronomy*, 2002, vol. 11, No. 3, p. 487-505. 2002BaltA..11..487A – 8 citēj. (2003-2016)
177. **Alksnis A.** Long-term photometric behavior of 18 carbon stars in Cygnus. – *Baltic Astronomy*, 2003, vol. 12, No. 4, p. 595-603.
178. **Alksnis A.**, Alksne Z. Near-infrared colors of carbon stars in Cygnus. – *Baltic Astronomy*, 2003, vol. 12, No. 4, p. 616-617.
179. Barzdis A., **Alksnis A.** On the period of Mira variable LX Cyg. – *Baltic Astronomy*, 2003, vol. 12, No. 4, p. 622-623.
180. **Alksnis A.** Possible RCB-star DY Per the current decline will be deep and needs obser-

- vations – IBVS, 2004, N 5561, 1-4.
181. Mobberley M., Hurst G.M., Smirnova O., Barzdis A., **Alksnis A.**, Hornoch K., Fiaschi M., Armstrong M., Boles T. Novae in M31. – IAUC, 2004, 8262, 2.
 182. Smirnova, O.; **Alksnis, A.** Found a Nova in M31: The True Optical Counterpart of the M31 Supersoft X-ray Source 191. – IBVS, 2006, 5720, 1-4.
 183. Smirnova, O.; **Alksnis, A.**; Zharova, A.V. The Optical Counterpart of the Possible Brightest Transient X-ray Source in M31 is Found. – IBVS, 2006, 5737, 1-3. 2006IBVS.5737....1S – 7 citēj. (2007-2014)
 184. **Alksnis, A.**; Smirnova, O.; Zharova, A.V. Novae in M31 in 1999-2005. – Astronomy Letters, 2008, v. 34, p. 563-573.
 185. **Alksnis, A.**; Larionov, V.M.; Smirnova, O.; Arkharov, A.A.; Konstantinova, T.S.; Larionova, L.V.; Shenavrin, V.I. On the Latest Deep Light Decline Event of DY Persei. – Baltic Astronomy, 2009, v. 18, p. 53-64.
- AGB Objects as a Phase of Stellar Evolution, Proc. of the Torun Workshop held July 5-7 2000. Edited by R.Szczerba and S.K.Gorny. Astrophysics and Space Science Library Vol. 265, p. 289. Publisher: Kluwer Acad. Publishers, Boston/ Dordrecht/London, 2001. 2001ASSL..265..289Z – 1 cit. (2003)
6. Laimons Začs, **Andrejs Alksnis**, Raivis Spēlmanis. CIT 6: the early phase of PPN? – Post-AGB objects (proto-planetary nebulae) as a phase of stellar evolution. July 5-7, 2000, Torun, Poland. Nicolaus Copernicus Astronomical Centre, p. 44.
 7. **Alksnis A.** Unusual light curves of some carbon stars. – In: The Carbon Star Phenomenon. – Proceed. of the 177th Symp. of the IAU, ed. by Robert F.Wing, Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, 2000, p. 516.
 8. Zharova A.V., **Alksnis A.** The study of novae in M31 galaxy. – Joint European and National Astronomy Meeting JENAM-2000. Abstracts. Moscow, Russia, May 29-June 3, 2000, p. 90.
 9. **Alksnis, A.**; Balklavs, A.; Dzervitis, U.; Eglitis, I. Absolute Magnitudes of Carbon Stars from Trigonometric Parallaxes. – The First Results of Hipparcos and Tycho, 23rd meeting of the IAU, Joint Discussion 14, 25 August 1997, Kyoto, Japan, meeting abstract.
 10. **Alksnis, A.** Carbon star variability and circumstellar envelopes. – Nordic-Baltic Astronomy Meeting on Astrophysical Processes and Structures in the Universe, 1990, p. 2.
 11. **Alksnis, A.**; Alksne, Z. Variability of carbon stars. – Conference of Baltic astronomers: Physics of stars and galaxies, 1989, p. 31.
 12. **Alksnis, A.**; Zacs, L. Carbon stars with gas-dust envelopes. – Conference of Baltic astronomers: Physics of stars and galaxies, 1989, p. 28-29.
 13. **Alksnis, A.**; Alksne, Z. Cool Carbon Stars in Open Clusters (abstract). – Variable Stars and Stellar Evolution, Proc. of the Symp., Moskovskii Gosudarstvennyi Universitet, Moscow, USSR, July 29-August 4, 1974. Ed. by V.E.Sherwood and L.Plaut. Symposium sponsored by the IAU Dordrecht, D. Reidel Publishing Co. (IAU Symposium, No. 67), 1975, p. 173.

Turpmāk populārzinātniskās publikācijas

Konferenču tēzes

1. **Алкснис А.**, Жарова А.Б., Смирнова О.А. Новые в галактике М 31 в 1999-2004 г.г. – Труды ГАИШ, Тезиси докладов международного симпозиума «Астрономия 2005 – современное состояние и перспективы», том 78, 2005.
2. **Алкснис А.**, Архаров А.А., Константинова Т.С., Ларионов В.М., Ларионова Л.В., Шенаврин В.И. Глубокий спад блеска 2004 года углеродной звезды DY Persei. – Труды ГАИШ, Тезиси докладов международного симпозиума «Астрономия 2005 – современное состояние и перспективы», том 78, 2005.
3. Zacs L., Spelmanis R., **Alksnis A.**, Muravev F. A spectroscopy of pulsating carbon stars variations with phase. – IAUS, Proc. 210th Sympos. of IAU, Astr. Soc. Pac., 2003, p. F1.
4. **Alksnis A.**, Ābele M., Platais I. Baldones Šmita teleskops – pētījumi un perspektīvas (tēzes), II Pasaules latviešu zinātnieku kongress. Rīgā, 2001. gada 14.-15. augusts. Tēžu krājums, 236. lpp. – Rīga: Latvijas Zinātņu akadēmija, 2001.
5. Začs, Laimons; **Alksnis, Andrejs**; Spēlmanis, Raivis. CIT 6: the Early Phase of PPN? – Post-

ATSKATOTIES PAGĀTNĒ

JĀNIS JAUNBERGS

MĒNESS EKSPEDĪCIJU F-1 DZINĒJI
TAGAD UN
PIRMS 50 GADIEM



Apollo 4 starts pirms 50 gadiem.
NASA foto

Mūsdienu Amerikas politiskā spektra labējam spārnam kopumā nepafik atcerēties Mēness ekspedīciju programmu *Apollo*, kura 20. gadsimta 60. gados kalpoja par Federālās valdības instrumentu, lai kāpinātu nodokļu slogu un pārdaļītu līdzekļus uz salīdzinoši trūcīgajiem dienvidu štatiem. No otras puses, politiskā spektra kreisais spārnš nav sajūsmā par *Apollo* astronautiem kā laikmeta simbolu, jo šie lidotāji izmēģinātāji nekādā ziņā nepārstāvēja etniskās, reliģiskās vai seksuālās minoritātes, bet gan tā laika Amerikas militāri industriālo eliti. Tomēr pat šobrīd ASV politiskā polarizācija nav absolūta un atrodas ietekmīgi pilsoņi, kuri ar cieņu raugās uz notikumiem pirms 50 gadiem, kad Rietumu civilizācija sasniedza savu augstāko virsotni, atstājot cilvēku pēdas uz Mēness.

Viens no šiem kosmosa entuziastiem ir Džefs Bezoss, interneta veikala *Amazon.com* īpašnieks un līdz ar to viens no pasaules bagātākajiem iedzīvotājiem. Viņa interese ir tik nopietna, ka ievērojamu daļu no sava daudzu miljardu dolāru kapitāla viņš iegulda raķešu būves uzņēmumā *Blue Origin*, kas ir viens no jaunās privātās kosmosa sacensības vadošajiem spēlētājiem. Tomēr, raugoties uz nākotni, Džefs Bezoss labi apzinās savu iedvesmas avotu un 2013. gadā sarīkoja vērienīgu ekspedīciju, lai Atlantijas okeāna dziļmē vairāk nekā 4 km dziļumā meklētu *Apollo* izmantoto *Saturn V* raķešu atlūzas. Atbilstoši nominālajam lidojuma profilam, katras *Saturn V* nesējraķetes pirmā pakāpe atdalījās 67 km augstumā pie 2 km/s ātruma, bremsējoties atmosfērā, izira, un tās atliekas krita okeānā apmēram 650 km attālumā no kosmodroma. Tikai masīvākajām tērauda detaļām, piemēram, dzinēju sadegšanas kamerām, bija izredzes saglabāties, kaut arī deformētām no trieciena pret ūdeni. Tieši milzīgo *F-1* dzinēju atliekas no *Apollo 11*, *12* un *16* Džefa Bezosa privātajai 20. gs. arheoloģijas ekspedīcijai arī izdevās atrast, izmantojot ar sonāru aprīkotas dziļūdens robotus. Pēc izcelšanas no okeāna šīs vēstures liecības tika nolīnītas un iekonser-



Saturn V nesējraķešu lietoto *F-1* dzinēju konservēšana, lai sagatavotu muzeju eksponātus. Kansas Cosmosphere and Space Center foto

vētas vienā no pasaules lielākajiem astronautikas muzejiem – *Kansas Cosmosphere and Space Center*. Ar formālo īpašnieku – NASA piekrišanu tās pēc tam tika nodotas Sietlas aviācijas muzejam, un līdzīgi eksponāti tiek gatavoti arī *Smithsonian National Air and Space Museum* Vašingtonā. Ekspozīciju atklāšanas ceremonijā Sietlā Džefs Bezoss izteicās tā: “Šo objektu izcelšana uz kuģa klāja un iespēja tiem patiešām pieskarties – tas viss man atsauc emocijas, kuras jutu piecu gadu vecumā, vērojot, kā cilvēki devās uz Mēnesi. Ja šie eksponāti pamudinās kaut vienu jaunu atklājēju, piedzīvojumu meklētāju, izgudrotāju paveikt kaut ko nozīmīgu, mana misija būs bijusi tā vērtā.”

Tik tiešām, *Saturn V* nesējraķešu *F-1* dzinēju eksponāti tiem, kas dzimuši pēc *Apollo* ēras, liks kaut nedaudz aizdomāties par iepriekšējo paaudžu ambīcijām, līdzīgi kā mēs zinām par Senās Romas arhitektūru un vikingu jūras braucieniem. Stāsts nav tikai par vienas nācijas politisko gribu un resursiem, astronautu prasmi un drosmi, bet arī par tūkstošiem inženieru apzinīgu un koordinētu darbu, tehnisko intuīciju un konstrukcijas eleganci. No inženiertehniskā viedokļa satraucošākais vēsturiskais moments bija 1967. gada 9. novembrī, kad *Saturn V* nesējraķete devās pirmajā izmēģinājuma lidojumā. No tāda aspekta,



Džefs Bezoss atklāj no jūras izcelto un restaurēto Saturn V F-1 dzinēju ekspozīciju.

Seattle Museum of Flight foto

Apollo 4 bezpilota lidojums bija ne mazāk svarīgs par Apollo 11 – pirmo ekspedīciju uz Mēness virsmu. Apollo 4 lidojums bija pirmais, kurā tika izmēģināta visu laiku lielākās nesējraķetes pirmā, kā arī otrā pakāpe – tās abas bija milzīgas, vieglas struktūras, kas bija pakļautas tūkstošiem tonnu lielām slodzēm. Raķetes uguns strūklas spēks bija tāds, ka 3 km attālumā drebēja misijas vadības centra ēka un no griestiem krita izolācijas paneli. Raķetes komponentu spēja nest statiskās slodzes, protams, bija pārbaudīta stenda izmēģinājumos, taču vibrācijas un lidojuma dinamikas mijiedarbību ar degvielas un šķidrā skābekļa padevi iepriekš nācās modelēt ar visai primitīviem paņēmieniem. Visskarbākajiem apstākļiem, protams, bija pakļauti pirmās pakāpes leģendārie F-1 dzinēji, kas bija raķetes uguns dārdoņas pats avots. To misija ilga tikai divas ar pusi minūtes, šajā laikā pa pieciem kopā patērējot 770 kubikmetrus petrolejas un 1305 kubikmetrus šķidrā skābekļa un tā rezultātā atfistot 3500 tonnu vilci. Katru no pieciem F-1 dzinējiem baroja turbosūknis ar 55 tūkstošu zirgspēku jaudu, strādājot pret 70 atmosfēru spiedienu un sadegšanas kameras augšdaļā padodot skābekli, bet sānos – petroleju. Sadegšanas zonas temperatūra sasniedza 3200 °C, un dzinēji izkustu, ja to sienas netiktu dzesētas ar papildu petrolejas daudzumu, kā arī ar salīdzinoši vēsāko 800 °C uguni, kas nāca no turbosūkņiem.



Piecu F-1 dzinēju stenda izmēģinājums. Ap dzinēju sprauslām redzams turbosūknis "vēsākās", tumšākās uguns aizkars, kas sargāja dzinēju sienas no pārkaršanas.

NASA kinokadrs no 16 mm filmas

Apollo 4 lidojums bija riskants pat pēc tā laika priekšstatiem, taču veiksmē bija sagatavoto pusē, un visas sistēmas šo monumentālo slodzi izturēja. Bezpilota Apollo kapsula kopā ar Mēness kabīnei pēc masas atbilstošu maketu tika ievadīta orbītā ar 18 000 km apogēju, pēc tam tika iedarbināts Apollo kapsulas dzinējs, lai to raidītu atmosfērā ar 11 km/s ātrumu, līdzīgi kā atgriežoties no Mēness. Tādējādi tika pārbaudīts siltumaizsardzības vairogs, kā arī Apollo kapsulas automātiskās vadības sistēmas spēja nodrošināt planējošu bremzēšanas trajektoriju atmosfēras augšējās slāņos. Apollo 4 komandmodulis pēc kosmosā pavadītajām 8 stundām nolaidās Klusajā okeānā ar labu precizitāti – tikai 16 km attālumā no mērķa punkta, atvedot mājās daudzus automātiski uzņemtus foto kadrus, kuros redzama melnā tukšuma ietverta apaļa Zeme. Tomēr galvenie šā lidojuma varoņi, manuprāt, ir milzīgie F-1 dzinēji, kas godam izturēja savu pirmo īsto pārbaudi lidojuma apstākļos.

Saites

Apollo 4 Vikipēdijas lapa: https://en.wikipedia.org/wiki/Apollo_4

Apollo 4 publicitātes filma: <https://www.youtube.com/watch?v=SM2KWCmRoYw>

Saturn V nesējraķetes starta palēnināta kinofilma: <https://www.youtube.com/watch?v=DKtVpvzUF1YD>

KIRILS SUROVOVS, VENTS VALLE, ALEKSANDRS SOROKINS, JĀNIS TIMOŠENKO, DMITRIJS DOCENKO,
ANDREJS CĒBERS, DMITRIJS BOČAROVŠ

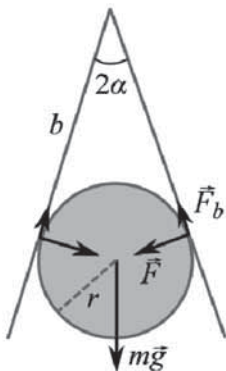
LATVIJAS 42. ATKLĀTĀ FIZIKAS OLIMPIĀDE

1. uzdevums. "Zīmulis un šķēres"

Šajā uzdevumā, saspiežot šķēru galus, eksperimentators cenšas pacelt no galda virsmas dažāda diametra cilindrus (cilindru lomā var būt, piemēram, zīmulji, marķieri, diegu spoles). Izrādās, ka ar garām šķērēm var pacelt visus cilindrus, ar mazāka izmēra šķērēm – tikai dažus no tiem, bet ar vismazākajām šķērēm nevienu cilindru pacelt neizdosies, turklāt šis rezultāts nav atkarīgs no spēka, ar kādu eksperimentators saspiež šķēres.

Izskaidro eksperimentu!

Atrisinājums. Uz cilindru darbojas smaguma spēks mg un virsmai perpendikulāri vērtais spēks F no katra no šķēru asmeņiem. Tātad katrā pusē darbojas arī berzes spēks $F_b = \mu F$. Leņķi starp asmeņiem apzīmēsim ar 2α (sk. att.).



Gadījumā, kad cilindru var pacelt, spēku vertikālām komponentēm izpildās nevienādība

$$\begin{aligned} -mg - 2F \sin \alpha + 2\mu F \cos \alpha &\geq 0, \\ 2\mu F \cos \alpha - 2F \sin \alpha &\geq mg, \end{aligned}$$

$$\mu \cos \alpha - \sin \alpha \geq \frac{mg}{2F}.$$

Ja eksperimentators saspiež šķēres pietiekami stipri, var uzskatīt, ka $F \gg mg$, un pacelšanas nosacījums nav atkarīgs no F absolūtās vērtības. To var pārrakstīt formā

$$\begin{aligned} \mu \cos \alpha - \sin \alpha &\geq 0, \\ \mu &\geq \tan \alpha, \\ \alpha &\leq \arctan \mu. \end{aligned}$$

Garu šķēru gadījumā šis nosacījums izpildās visiem cilindriem, jo $\alpha = \arctan r/b$, un nosacījumu tad var uzrakstīt kā

$$\frac{r}{b} < \mu,$$

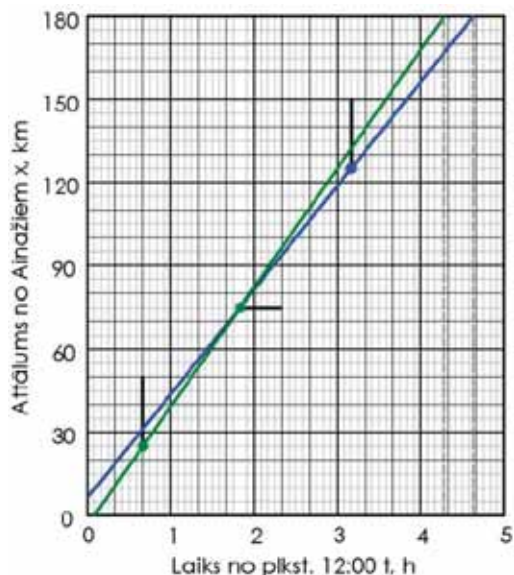
kur r ir cilindra rādiuss un b ir attālums no šķēru viduspunkta līdz punktam, kur asmens pieskaras cilindram. Savukārt mazām šķērēm attālums b ir tik mazs, ka, pat satverot vismazāko cilindru, leņķis α ir pārāk liels, lai izpildītos pacelšanas nosacījums.

2. uzdevums. "Neprecīzs ceļotājs"

Automašīna, kas brauc no Ainažiem uz Bausku, plkst. 12:40 atradās kaut kur 25–50 km attālumā no Ainažiem. Tā izbrauca sava ceļa pirmos 75 km kaut kad starp plkst. 13:50 un 14:20. Plkst. 15:10 automašīna atradās kaut kur 125–150 km attālumā no sākumpunkta. Kādā laika intervālā ir sagaidāma tās iebraukšana Bauskā, ja visa ceļa garumā tās ātrums bija nemainīgs un attālums starp Ainažiem un Bausku ir 180 km?

Atrisinājums. Atpazīt svarīgākos nosacījumus, kā arī aptuveni novērtēt ierašanās laiku var, attēlojot dotos nosacījumus grafiski. Kustinot lineālu tādā veidā, lai tas ietu cauri visiem trim nogriežņiem, var iegūt ierašanās laika in-

tervālu aptuveni no 16:18 līdz 16:38. Lai precīzāk novērtētu ierašanās laiku, konstruēsim zilo un zaļo taisni.



No zaļās taisnes var novērtēt agrāko iespējamo ierašanās laiku. Automobilis nokļūs līdz Bauskai visātrāk, ja plkst. 12:40 ($\frac{2}{3}$ h no plkst. 12:00) tas atradās 25 km attālumā no Ainažiem un plkst. 13:50 ($1\frac{5}{6}$ h no plkst. 12:00) tas atradās 75 km attālumā no Ainažiem. Vispārīgā gadījumā vienmērīgas kustības vienādojumu var rakstīt kā

$$x = v(t - t_0)$$

kur x – attālumš no Ainažiem, v – kustības ātrums, t – laiks, t_0 – laiks, kad sāka kustība no Ainažiem. Abus iepriekš minētos nosacījumus var apvienot vienādojumu sistēmā

$$\begin{cases} 25 = v\left(\frac{2}{3} - t_0\right) \\ 75 = v\left(1\frac{5}{6} - t_0\right) \end{cases}$$

Izdalot vienādojumus savā starpā, iegūst vienādojumu priekš t_0 , kuru atrisinot, iegūst $t_0 = \frac{1}{12}$ h. Ievietojot t_0 kādā no vienādojumiem, iegūst, ka $v = 42\frac{6}{7}$ km/h. Laiku no plkst. 12:00, kurā automobilis ieradīsies Bauskā, var izteikt kā

$$t = \frac{x_0}{v} - t_0,$$

kur $x_0 = 180$ km ir attālumš starp Bausku un Ainažiem. Agrākais laiks, kad automobilis varētu būt Bauskā, ir $t = 4\frac{17}{60}$ h jeb plkst. 16:17. Grafikā var ieraudzīt, ka tas patiešām nevar ierasties Bauskā agrāk. Tādā gadījumā *zaļajai* taisnei būtu jāpalielina slīpums, bet to nav iespējams izdarīt, jo taisne iet caur pirmo divu intervālu galapunktiem.

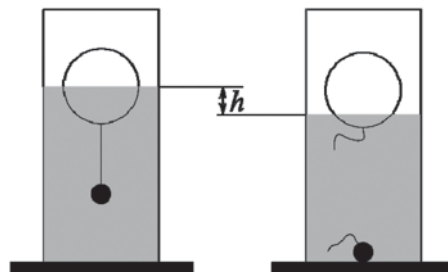
Līdzīgi no zilās taisnes var novērtēt vēlāko brīdi, kad automobilis varētu ierasties Bauskā. Tādā gadījumā automobilis plkst. 13:50 atradās 75 km attālumā no Ainažiem un plkst. 15:10 – 125 km attālumā no Ainažiem. No vienādojumu sistēmas

$$\begin{cases} 125 = v\left(3\frac{1}{3} - t_0\right) \\ 75 = v\left(1\frac{5}{6} - t_0\right) \end{cases}$$

atrod automobiļa ātrumu $v = 37,5$ km/h un izbraukšanas laiku $t_0 = -\frac{1}{6}$ h, kas nozīmē, ka kustība sāka 10 min pirms 12:00. Tātad vēlākais laiks, kad automobilis varētu būt Bauskā, ir $t_2 = \frac{x_0}{v} - t_0 = 4\frac{19}{30}$ h jeb plkst. 16:38. No grafika var saprast: lai palielinātu t_2 , ir jāsamazina zilās taisnes slīpums. Tas nav iespējams, jo taisne iet caur 2. un 3. intervāla galapunktiem.

3. uzdevums. "Nogrimušie dārgumi"

Cilindriskā glāzē, kuras rādiuss ir R , ir ieliets šķidrums ar blīvumu ρ_0 , kurā peld ar diegu savienoti atsvars ar masu m un pludiņš. Diega masa ir neievērojama. Kad diegs pārtrūkst un atsvars nogrimst līdz glāzes dibenam, šķidru-



ma līmenis samazinās par h . Nosaki atsvara blīvumu ρ !

Atrisinājums. Kamēr diegs nav pārtrūcis, uz atsvaru darbojas smaguma spēks mg , Arhimēda spēks $\rho_0 \frac{m}{\rho} g$ un diega sastiepuma spēks T . Diega sastiepuma spēks iegremdē pludiņu dziļāk, nekā tas peldētu bez atsvara. No uzdevuma nosacījuma redzams, ka gadījumā ar atsvaru pludiņa izspiestais šķidrums tilpums palielinās par $\pi R^2 h$. Pateicoties tam, Arhimēda spēks palielinās, un šī izmaiņa kompensē T . Tāpēc $T = \rho_0 \pi R^2 h g$. Uzrakstīsim spēku bilanci atsvaram pirms diega pārtrūkšanas:

$$T + \rho_0 \frac{m}{\rho} g - mg = 0,$$

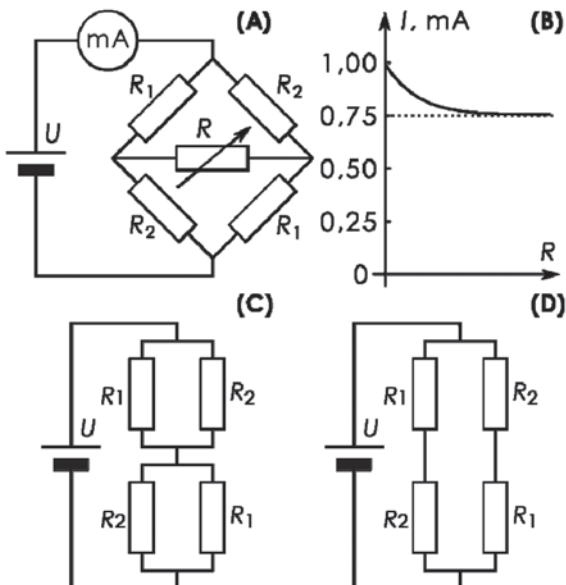
$$\rho_0 \pi R^2 h g + \rho_0 \frac{m}{\rho} g - mg = 0,$$

$$\rho_0 \frac{m}{\rho} = m - \rho_0 \pi R^2 h,$$

$$\rho = \frac{\rho_0 m}{m - \rho_0 \pi R^2 h}.$$

4. uzdevums. "Ķēdes analīze"

Elektriskā ķēde, kas ir attēlota zīmējumā (A), sastāv no pastāvīgā sprieguma



54

$U = 3 \text{ V}$ avota, ideāla ampērmetra, četriem pastāvīgiem rezistoriem un reostata (rezistora ar maināmu pretestību). Zīmējumā (B) ir attēlota ampērmetra rādījuma atkarība no reostata pretestības R . Atrodi pastāvīgo rezistoru pretestības R_1 un R_2 !

Atrisinājums. No dotā grafika var nolasīt strāvas vērtības pie divām īpašām reostata pretestības vērtībām $R = 0$ un $R \rightarrow \infty$. Šīm pretestībām atbilst attiecīgi strāvas $I(0) = 1,0 \text{ mA}$ un $I(\infty) = 0,75 \text{ mA}$.

Gadījumā, kad $R = 0$, reostatu shēmā var aizvietot ar vadu un pārzīmējot iegūt ekvivalento slēgumu, kas parādīts zīmējumā (C) ar pretestību

$$R_0 = 2 \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{U}{I(0)}.$$

No otras puses, kad $R \rightarrow \infty$, reostatu var aizstāt ar ķēdes pārvācību, iegūstot ekvivalento slēgumu (D) ar pretestību

$$R_\infty = \frac{R_1 + R_2}{2} = \frac{U}{I(\infty)}.$$

Ievietojot skaitliskās vērtības, iegūst vienādojumu sistēmu

$$\begin{cases} 2 \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 3 \text{ k}\Omega \\ R_1 + R_2 = 8 \text{ k}\Omega \end{cases}.$$

Izsakot no otrā vienādojuma R_1 un ievietojot to pirmajā, iegūst kvadrātvienādojumu $R_2^2 - 8R_2 + 12 = 0$. Tā divām saknēm atbilst divi simetriski atrisinājumi: $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$, $R_1 = 6 \text{ k}\Omega$ un $R_2 = 6 \text{ k}\Omega$, $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$.

5. uzdevums. "Šurpu-turpu"

Katrā no diviem kalorimetriem atrodas 200 g ūdens, vienā kalorimetrā ūdens temperatūra ir $+30 \text{ }^\circ\text{C}$, otrajā tā ir $+40 \text{ }^\circ\text{C}$. No karstākā kalorimetra ņem 50 g ūdens, pārlej tos vēsākajā kalorimetrā un samaisa. Tad no vēsākā kalorimetra pārlej 50 g ūdens uz karstāko un samaisa. Cik reizes ir jāatkārto šāda pārļiešana no pirmā trauka otrajā un atpakaļ, lai ūdens temperatūru starpība traukos kļūtu mazāka par $1 \text{ }^\circ\text{C}$? Siltuma zudumus

pārļiešanas procesā un kalorimetru siltumietilpību neievērot!

Atrisinājums. Apzīmēsim karstā un aukstā ūdens sākuma temperatūras attiecīgi ar T_k un T_o . Uzrakstām siltuma bilanci gadījumam, kad no karstā uz auksto kalorimetru pārlej ūdens masu Δm un tajā iestājas temperatūra T_1 :

$$cm(T_1 - T_o) = c\Delta m(T_k - T_1),$$

kur m ir ūdens masa katrā no kalorimetriem, c ir ūdens īpatnējā siltumietilpība. No vienādojuma atrodam

$$T_1 = \frac{mT_o + \Delta mT_k}{m + \Delta m} = \frac{kT_k + T_o}{k + 1},$$

kur ievests apzīmējums $k = \frac{\Delta m}{m} < 1$. Tad var atrast temperatūru T_2 , kas iestāsies karstajā kalorimetrā pēc Δm pārļiešanas no aukstā kalorimetra. Siltuma bilances vienādojums:

$$c(m - \Delta m)(T_k - T_2) = c\Delta m(T_2 - T_1),$$

$$T_2 = \frac{(m - \Delta m)T_k + \Delta mT_1}{m}$$

$$= kT_1 + (1 - k)T_k = \frac{kT_o + T_k}{1 + k}.$$

Pēc vienas pārļiešanas "turp-atpakaļ" temperatūru starpība kalorimetros būs vienāda ar

$$T_2 - T_1 = (T_k - T_o) \frac{1 - k}{1 + k}.$$

Katru reizi pārlej vienu un to pašu ūdens daudzumu, tāpēc temperatūru starpība pēc katras pārļiešanas "turp-atpakaļ" mainās $\frac{1 - k}{1 + k}$ reizes. Šajā uzdevumā $k = 50/200 = 0,25$ un $\frac{1 - k}{1 + k} = 0,6$. Tātad, ja pēc x reizēm temperatūra starpība ir mazāka par vienu grādu, jāatrisina vienādojums

$$(10^\circ\text{C}) \cdot 0,6^x < 1^\circ\text{C},$$

$$x > \log_{0,6} \frac{1}{10} \approx 4,51.$$

Tā kā darbību skaits var būt tikai vesels skaitlis, atbilde ir 5 reizes. Tad temperatūras starpība būs vienāda ar $(10^\circ\text{C}) \cdot 0,6^5 = 0,78^\circ\text{C}$.

6. uzdevums. "Stikla ēna"

Uz horizontāla galda stāv caurspīdīgs cilindrs, kas ir izgatavots no stikla ar laušanas koeficientu $n = 1,5$. Cilindra pamata rādiuss ir R un augstums ir H_1 . Augstumā H_2 virs cilindra augšējās virsmas uz tā ass atrodas punktveida gaismas avots. Atrast laukumu cilindra ēnai uz galda virsmas!

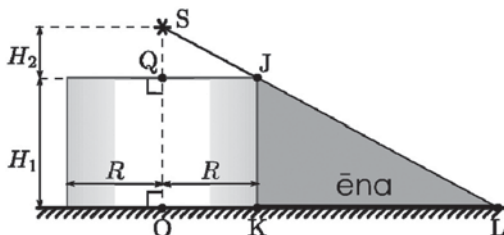
Atrisinājums. Ēna veidosies tā, it kā cilindra sānu virsma būtu necaurspīdīga, bet pamati būtu caurspīdīgi. Tātad ēna būs apgalbā starp rīņķa līnijām ar rādiusiem

$$OK = R,$$

$$OL = \left(1 + \frac{H_1}{H_2}\right)R.$$

To var aprēķināt pēc sakarības

$$S = \pi \left(1 + \frac{H_1}{H_2}\right)^2 R^2 - \pi R^2.$$



Sākumā pierādīsim, ka stars, kas sasniedz cilindra sānu virsmu, vienmēr pilnībā atstarojas. Ja stars pāriet no optiski blīvākas vides optiski mazāk blīvā vidē (punkts P), veidojot ar virsmas normāli leņķi, kas pārsniedz kritisko robežvērtību

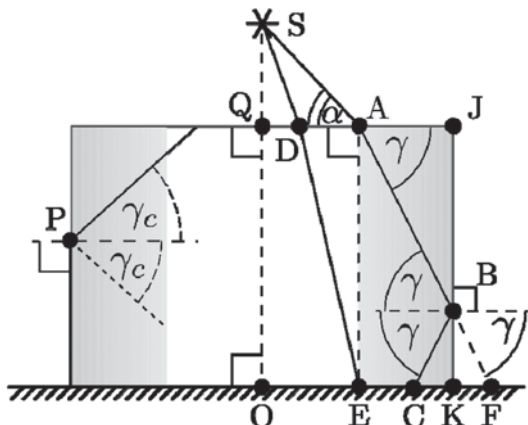
$$\gamma_c = \arcsin(n^{-1} \cdot \sin 90^\circ),$$

tad notiek pilnīgā iekšējā atstarošanās.

Aplūkosim staru, kas šķērso cilindra augšējo pamatu patvaļīgā punktā A. Rakstot staram gaismas laušanas likumu šajā punktā un ievērojot redukcijas formulas, iegūst $\cos \gamma = n^{-1} \cos \alpha$. Var novērtēt minimālo leņķi, kādu lauztais stars veido ar horizontu:

$$\gamma_{\min} = \arccos(n^{-1} \cdot \cos 0^\circ) \approx 48^\circ > \gamma_c.$$

Tātad, ja stars sasniedz cilindra sānu virsmu (punkts B), tad vienmēr notiks pilnīgā iekšējā atstarošanās. Sasniedzot sānu virsmu



atkārtoti, krišanas leņķis nemainās, tādēļ stars tiks atstarots kā iepriekš.

Lai pierādītu, ka cilindra pamats ir pilnībā apgaismots, aplūkosim patvaļīgu punktu E uz galda virsmas, kas atrodas, piemēram, tieši zem punkta A. Turpinot staru AB, it kā punktā B atstarošanās nenotiktu, iegūst krustpunktu ar galda virsmu (punkts F). Tas vienmēr atrodas uz taisnes OE, taču tālāk no punkta O nekā punkts E. Stars SQ krīt perpendikulāri cilindra virsmai un izplatīšanās virzienu nemaina, tādēļ nonāk punktā O. Ļaujot punktam A pārvietoties uz punktu Q pa taisni, punkts F arī pārvietosies pa taisni uz punktu O. Brīdī, kad punkts A sakrīfis ar D, punkts F sakrīfis ar E. Punktā E nenotiks iekšējā atstarošanās no cilindra pamata, jo stars ED izklūst no cilindra punktā D (pēc staru apgrīžamības principa) un veido tādu pašu leņķi ar virsmas normāli (jo cilindra pamati ir paralēli).

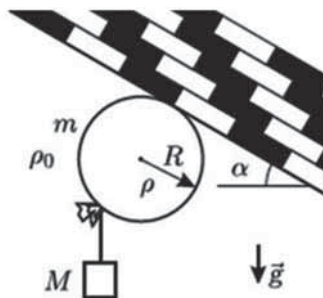
Izmantojot līdzību starp trijstūriem ($\Delta SQJ \sim \Delta SOL$, ar kopīgu $\angle S$ un $\angle Q = \angle O = 90^\circ$), var rakstīt

$$\frac{H_2}{QJ} = \frac{H_1 + H_2}{OL}$$

Ievērojot, ka $QJ = OK = R$ kā cilindra rādiusi, var izteikt $OL = \frac{H_1 + H_2}{H_2} R$ un aprēķināt ēnas laukumu.

7. uzdevums. "Hēlija balons"

Hēlija balons ar tam piestiprinātu atsvaru uzlidoja līdz slīpiem griestiem un apstājās. No-



saki atsvara masas M iespējamo vērtību diapazonu, pieņemot, ka balons ir lodveida un ka tas neslīd pa griestiem! Balona rādiuss ir R , tukša balona masa ir m , atmosfēras blīvums ir ρ_0 , gāzes blīvums balonā ir ρ , griestu leņķis ir α (sk. att.).

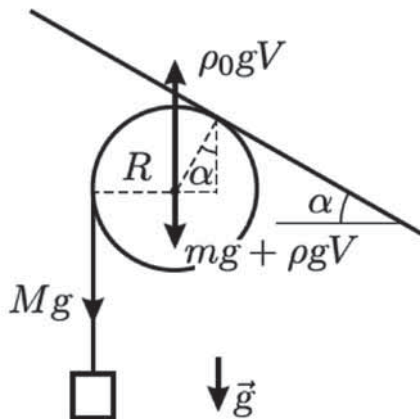
Atrisinājums. Pirmkārt, jāatrod maksimālā masa M , pie kuras balons nekrīt uz leju. Lai balons nekristu, Arhimēda spēkam, kas uz to darbojas, ir jābūt lielākam par smaguma spēku, kas darbojas uz balonu, gāzi tajā un atsvaru:

$$\rho_0 g V \geq mg + Mg + \rho g V,$$

kur $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ – gaisa balona tilpums un Arhi-

mēda spēka izteiksmē atsvara tilpums netika ievērots, jo tas ir mazs salīdzinājumā ar balona tilpumu. No augstāk uzrakstītās nevienādības var izteikt M :

$$M \leq \frac{4}{3} (\rho_0 - \rho) \pi R^3 - m.$$



Otrkārt, atsvaram ir jārada pietiekami liels spēka moments, lai balons neripotu uz augšu pa griestiem. Momenta aprēķinam izvēlēsimies punktu, kur balons pieskaras pie griestiem. Spēka momentu iegūst, spēka absolūto vērtību (nemainīga vērtība Mg) pareizinot ar spēka plecu (attālums no spēka pielikšanas punkta līdz aplūkotajai asij, spēkam perpendikulārā virzienā). Tā kā smaguma spēks vienmēr pielikts vertikāli, tad spēka moments būs maksimāls, ja diegs piestiprināts punktā, kas atrodas vistālāk no aplūkotās ass horizontālā virzienā (kā parādīts attēlā). Šo spēka momentu var novērtēt kā

$$L_M = Mg (R + R \sin \alpha) = MgR (1 + \sin \alpha).$$

Ar šo maksimālo vērtību ir jāpietiek, lai kompensētu balona smaguma spēka, Arhimēda spēka un balonā esošās gāzes smaguma spēka (visi pielikti balona centrā) radītos spēka momentus:

$$MgR (1 + \sin \alpha) \geq (\rho_0 gV - mg - \rho gV) R \sin \alpha,$$

$$M \geq \frac{\left(\frac{4}{3} (\rho_0 - \rho) \pi R^3 - m \right) \sin \alpha}{1 + \sin \alpha}.$$

8. uzdevums. "Viens pēc otra"

Uz galda atrodas metālisks cilindrs ar augstumu h . Sāukumā tajā ieliek vienu virzuli, tad pēc liela laika intervāla – otru, un tā tālāk, kopā 10 virzuļus. Atrodi attālumu starp pirmo un otro virzuli pēc tam, kad tiks ielikti visi 10 virzuļi! Katra virzuļa masa m un atmosfēras spiediens p_0 ir saistīti ar sakarību $mg = p_0 S$, kur S ir cilindra šķērsgriezuma laukums. Virzuļu biežums ir daudz mazāks par cilindra augstumu. Berzi neievērot!

Atrisinājums. Smaguma spēku, kas darbojas uz katru virzuli, līdzsvaro spiedienu starpība, kā parādīts attēlā. Tad $p_{10} S = p_0 S + mg = 2p_0 S$, un spiediens zem desmitā (t.i., visaugstākā) virzuļa $p_{10} S = 2p_0 S$.

Rakstot spēka līdzsvara vienādojumu 9. virzulim, analogiskā veidā iegūstam:

$$p_9 S = p_{10} S + mg = 2p_0 S + mg = 3p_0 S,$$

tātad $p_9 = 3p_0$. Var pamānīt, ka spiediens zem katra virzuļa ir par $p_0 S$ lielāks nekā spiediens virs tā. Tātad $p_8 = 4p_0$, $p_7 = 5p_0$ utt., nonākot līdz $p_2 = 10p_0$.

Tā kā cilindrs ir metālisks un viss process notiek lēni, pastāv siltuma apmaiņa ar apkārtējo vidi un procesu var uzskatīt par izotermisku. Tad ir spēkā $pV = \text{const}$ un $\frac{V_2}{V_0} = \frac{p_0}{p_2}$, kur

V_0 ir cilindra augšējās daļas tilpums pēc pirmā virzuļa ielikšanas un V_2 ir tilpums starp pirmo un otro virzuli pēc tam, kad ielikti visi 10 virzuļi.

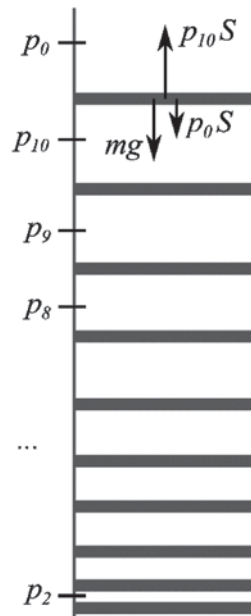
Ielikot tikai pirmo virzuli, spiediens zem tā ir divas reizes lielāks par atmosfēras spiedienu, jo spēka līdzsvara vienādojums ir $p_1 S = p_0 S + mg = 2p_0 S$. Tāpēc tilpums zem tā ir puse no cilindra tilpuma un $V_0 = \frac{h}{2} S$. Tad attālums starp otro un pirmo virzuli procesa beigās ir

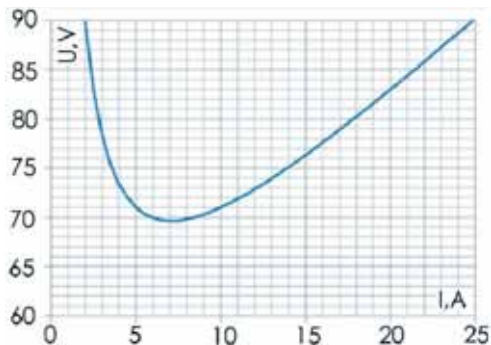
$$h_2 = \frac{V_2}{S} = \frac{p_0 h}{p_2 \frac{h}{2}} = \frac{h}{20}.$$

9. uzdevums. "Lokizlāde"

Kad lokizlādes strāva pieaug, sprieguma kritums uz elektriskā loka samazinās un tiecas uz kādu konstantu lielumu. Elektrisko loku ieslēdzta pastāvīga sprieguma tīklā virknē ar rezistoru. Šādas ķēdes voltampēru raksturliktne (sprieguma krituma atkarība no strāvas) ir parādīta attēlā.

- 1) Nosaki sprieguma kritumu elektriskajā lokā gadījumā, kad ķēdē plūst ļoti liela strāva!
- 2) Nosaki rezistora pretestību!
- 3) Nosaki maksimālo rezistora pretestību, lai pie tīkla sprieguma 80 V lokizlāde vēl varētu notikt!





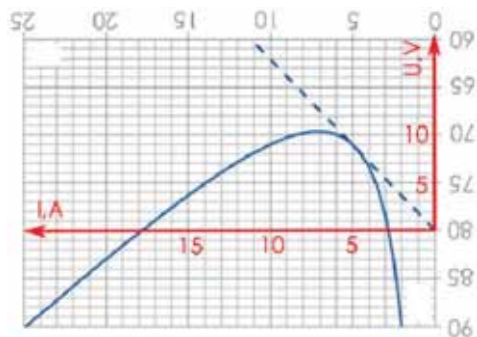
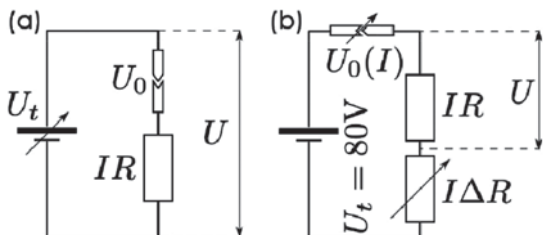
Atrisinājums. Uzdevuma pirmajos divos punktos aprakstītā situācija (kad ķēdē plūst ļoti liela strāva) attēlota elektriskajā shēmā (a). Tīkla spriegums U_t tiek mainīts, taču sprieguma kritums elektriskajā lokā U_0 ir nemainīgs. Kopējais sprieguma kritums U , kas attēlots grafikā, mainās tādēļ, ka, mainoties strāvai I , mainās sprieguma kritums uz rezistora ar pretestību R :

$$U = R \cdot I = U_0.$$

No grafika redzams, ka pie lielām strāvām ķēdes raksturlielni var aproksimēt ar taisnes vienādojumu. Rezistora pretestību var noteikt kā taisnes virziena koeficientu, bet sprieguma kritumu kā taisnes krustpunktu ar ordinātu asi.

$$R = \frac{U_{\max} - U_0}{I} \approx 1,4 \Omega.$$

Pēdējā punktā tīkla spriegums U_t tiek fiksēts un ir jāpalielina papildu pretestība ΔR , līdz loks pārtrūkst. Elektriskais slēgums ir parādīts attēlā (b). Sprieguma kritums uz loka mainīsies atkarībā no strāvas, kas plūst ķēdē. Visu sprieguma kritumu summai noslēgtā lokā ir jābūt 0, no kā iegūst



$$U_t = U_0(I) + IR + I\Delta R,$$

$$U_t - (U_0(I) + IR) = I\Delta R,$$

$$U_t - U(I) = I\Delta R.$$

Ievērojot, ka uzdevumā dots $U(I)$ grafiks, vienādojuma kreisās puses grafiku var konstruēt, vispirms pārbīdot abscisu asi tā, lai nulles punkts atrastos pie $U_t = 80 \text{ V}$ (tādējādi tiek iegūts $U(I) - U_t$ grafiks) un tad pagriežot ordinātu asi pretējā virzienā, kas ir ekvivalents attēlotās funkcijas pareizināšanai ar -1 (tādējādi tiek iegūts $U_t - U(I)$ grafiks). Rezultāts ir parādīts grafikā, kur jaunās koordinātu ass attēlotas sarkanā krāsā. Labās puses grafiks ir taisne, kas vilkta caur koordinātu sistēmas sākumpunktu un kuras slīpuma koeficients norāda papildu pretestības ΔR vērtību. Abiem grafikiem jābūt vismaz vienam kopīgam punktam, tātad maksimālo ΔR vērtību var noteikt, velkot pieskari iegūtajam $U_t - U(I)$ grafikam caur koordinātu sistēmas sākumpunktu, kā tas parādīts grafikā. Iegūst, ka maksimālā balasta pretestība $R_{\max} = R + \Delta R \approx 3,1 \Omega$.

Uzvarētāji:

Ruslans Aleksejevs (*Rīgas Valsts 1. ģimnāzija (RV1.ģ), 12. kl.*), Artūrs Babris (*RV1.ģ, 11. kl.*), Mihails Buņins (*Rīgas 34. vidusskola, 12. kl.*), Vilhelms Cinis (*RV1.ģ, 9. kl.*), Emīls Čunčulis (*Daugavpils Krievu vidusskola-licejs, 12. kl.*), Edgars Daugulis (*Siguldas Valsts ģimnāzija, 12. kl.*), Ivars Dille (*RTU inženierzinātņu vidusskola, 11. kl.*), Severīns Dudenīcs (*Daugavpils Valsts ģimnāzija, 12. kl.*), Kristaps Feldmanis (*Ventspils Valsts 1. ģimnāzija, 9. kl.*), Reinis Irmejs (*RV1.ģ, 12. kl.*), Stanislavs Jefimovs (*Daugavpils Krievu vidusskola-licejs, 11. kl.*),

OLIMPIĀDES REZULTĀTI

Uzdevums	Vidējā atzīme, % (Laureātu vidējā atzīme, %)			
	Rīga	Daugavpils	Liepāja	Kopā
<i>Zīmulis un šķēres</i>	38,56% (78,50%)	24,09% (70,00%)	22,25% (15,0%)	33,88% (75,71%)
<i>Neprecīzs ceļotājs</i>	42,89% (73,50%)	30,00% (60,00%)	29,25% (65,0%)	38,81% (71,71%)
<i>Nogrimušie dārgumi</i>	29,93% (79,50%)	17,16% (97,50%)	8,33% (100,0%)	25,27% (82,14%)
<i>Ķēdes analīze</i>	10,49% (50,28%)	1,60% (—)	0,50% (0,0%)	7,94% (47,63%)
<i>Šurpu-turpu</i>	39,51% (73,33%)	16,40% (—)	22,00% (100,0%)	33,53% (74,74%)
<i>Stikla ēna</i>	11,23% (30,33%)	6,02% (43,75%)	8,00% (30,0%)	9,81% (31,86%)
<i>Hēlija balons</i>	12,11% (34,79%)	6,29% (28,75%)	0,71% (—)	9,80% (33,93%)
<i>Viens pēc otra</i>	13,33% (36,67%)	10,79% (42,50%)	0,50% (—)	11,13% (38,13%)
<i>Lokzīlāde</i>	8,24% (29,58%)	1,58% (6,25%)	0,00% (—)	5,63% (23,75%)

Norādīti uzdevumu risināšanas rezultāti (procentos no maksimālā punktu skaita), iekavās – laureātu rezultāti.

Aleksejs Jekimovs (*RTU inženierzinātņu vidusskola, 10. kl.*), Aleksejs Jeļisejevs (*Puškina licejs, 12. kl.*), Ričards Kristers Knipšis (*Salaspils 1. vidusskola, 9. kl.*), Aleksandrs Kozjutinskis (*RV1.ģ, 12. kl.*), Kristiāns Krīžmanis (*RTU inženierzinātņu vidusskola, 10. kl.*), Maksims Latkovskis (*Daugavpils Krievu vidusskola-licejs, 12. kl.*), Rolands Lopatko (*RV1.ģ, 9. kl.*), Aivars Lucijanovs (*Jēkabpils Valsts ģimnāzija, 11. kl.*), Gustavs Jānis Mežciems (*RV1.ģ, 10. kl.*), Antons Miščenko (*RV1.ģ, 10. kl.*), Adrians Netlis (*Valmieras Pārgaujas ģimnāzija, 10. kl.*), Dmitrijs Novikovs (*Rīgas 34. vidusskola, 9. kl.*), Alberts Osis (*RV1.ģ, 10. kl.*), Artis Ivo Pencis (*RV1.ģ, 11. kl.*), Maksims Pogumirskis (*RV1.ģ, 11. kl.*), Oliveris Prānis (*RV1.ģ, 9. kl.*), Jānis Pudāns (*RV1.ģ, 9. kl.*), Agnis Salmiņš (*RTU inženierzinātņu vidusskola, 10. kl.*), Vladimirs Ščiņgoļevs (*Rīgas Klasiskā ģimnāzija, 10. kl.*), Andrejs Sizovs (*RV1.ģ, 10. kl.*), Jēkabs Solovjovs (*RV1.ģ, 10. kl.*), Artem Ubaidullaev (*RTU inženierzinātņu vidusskola, 10. kl.*), Ēriks Vilunas (*RV1.ģ, 11. kl.*), Ingvars Vitenburgs (*RV1.ģ, 10. kl.*).

Olimpiāde notika **2017. gada 26. februārī** Rīgā, Daugavpilī, Liepājā.

Dalībnieku skaits: 206 (9. klase – 59, 10. klase – 67, 11. klase – 43, 12. klase – 37), tajā skaitā **Rīgā 142** (40+51+26+25), **Daugavpilī 44** (13+12+11+8), **Liepājā 20** (6+4+6+4).

Rezultātu tabula ir pieejama Latvijas Atklātās fizikas olimpiādes mājas lapā <http://skolas.lu.lv/course/view.php?id=1266>

Autori izsaka **pateicību** Rotai Brūnai, Sergejam Blakunovam, Jānim Cīmuram, Inesei Dudarevai, Marijai Isupovai, Ingai Jonānei, Danielam Krimanam, Artūram Kriviņam, Antonam Matrosovam, Pāvelam Nazarovam, Alisei Ellai Pretkalniņai, Malvīnei Neldai Starkovai un Andrejam Timuhinam par palīdzību olimpiādes rīkošanā.

Olimpiādes balvas tika sagādātas ar LNK Grupas un Cietvielu fizikas institūta atbalstu. D

MĀRTIŅŠ GILLS

SAULES APTUMSUMA NOVĒROJUMI LABAJĀ ZEMĒ



Saules aptumsuma noslēguma daļējā fāze. Centrālajā daļā redzama plankumu grupa.

Foto: Gatis Šķila

Nav precīzi zināms, cik daudz interesentu no Latvijas devās uz ASV novērot 2017. gada 21. augusta pilno Saules aptumsumu. Pusotru mēnesi vēlāk notikušajā Latvijas Astronomijas biedrības sanāksmē bija minētas sešas grupas. Vietas izvēlei netrūka variantu – ap simt kilometru platā aptumsuma josla vairāku tūkstošu kilometru garumā šķērsoja ASV teritoriju no rietumu līdz austrumu krastam. Piemēram, lielākā grupa no Latvijas bija nolēmusi par labu novērojumiem Oregonas štatā (*sk. nākamā aprakstu*), bet šo rindu autors ar vairākiem domubiedriem izvēlējās viesoties Misūri

štata pilsētā Bonne Terre (nosaukums cēlies no franču valodas – “labā zeme”). Šī vieta savu nosaukumu ieguvusi zemes dziļu dēļ, no kurām ieguva svina rūdu, bet šobrīd tur izveidojušies tūristu apmeklāti mākslīgie pazemes ezeri. Un patiešām, mums, Saules aptumsuma novērotājiem, šī arī bija laba zeme, jo aptumsuma novērojumi notika labos laika apstākļos un lieliskā novērošanas vietā.

Jāsaka, ka īpaši interesanti bija izjust vīpārējo sabiedrības noskaņojumu pirms “Lielā Amerikas Aptumsuma” (“Great American Eclipse”), kā tas bija visbiežāk dēvēts. Jo tu vāka bija aptumsuma diena, jo vairāk masu saziņas līdzekļi sakāpināja sabiedrības interesi par aptumsumu. Stāstīja ik dienas cilvēkiem par to, kas īsti ir daļējais un pilnais Saules aptumsums, kā to novērot ar pieejamām metodēm, kā arī atspoguļoja atsevišķu vietu gatavošanos vēsturiskajam notikumam. Liela daļa vietējo teica, ka noteikti novēros aptumsumu, ja reiz tāda reta iespēja ir atgādājusies, bet bija nedaudz pārsteigti, uzzinot, ka ir arī tādi, kas mērojuši ceļu no Eiropas.

Daļējais aptumsums sākās rīta pusē vienpadsmit minūtes pirms divpadsmitiem, nebijām droši par iespējamiem satiksmes apgrūtinājumiem, kad milzum daudz viesu varētu doties uz aptumsuma joslu. Tādēļ jau iepriekš bijām rezervējuši viesnīcu pašā Bonneterrē, bet konkrētas vietas izvēli atstājām kā rīta



Aptumsumam par godu pielāgota limonāde.

Foto: Mārtiņš Gills



Amerikāņu ģimene gatava aptumsuma novērojumiem Bonnetterres lidostā. Foto: Mārtiņš Gills

uzdevumu. Izrādījās, ka lielākā daļa mūsu viesnīcas viesu šeit ir ieradušies tieši saistībā ar Saules aptumsumu – no citiem ASV štatiem, kā arī pārrunājām novērošanas plānus ar viesiem no Lielbritānijas, Spānijas un Francijas. Kolektīvi novērojumi Bonneterrē bija izsludināti divās vietās – netālu esošajā dabas parkā un vietējā lidostā. Lielākā daļa viesnīcas iemītnieku nobāzējās turpat autostāvvietā, tomēr atrašanās uz asfalta karstā dienā, kad temperatūra ir virs 30°C, nešķīta pārāk iepriecinoša doma. Izlēmām par labu vietējai lidostai, kur ir plašs skats un ar zālāju klāts lauks. Lidostas stāvlaukums bija pilns ar automašīnām, turpat arī tirdziņš ar jauku atmosfēru par godu retajai dabas parādībai.

Aptumsuma dienā debess bija ar atsevišķiem sliidošiem mākoņiem. Protams, bija bažas par to, vai pilnā aptumsuma laikā Sauli neaizklās ne tikai Mēness, bet arī kāds mākonis. Tomēr Bonneterrē nekas tāds nenotika.

Pilnās fāzes ilgums mūsu izvēlētajā novērojumu vietā bija 2^m 25^s. Varēja redzēt, ka katrs izvēlas vērot un dokumentēt pasākumu atšķirīgi – ērti sēdot atpūtas krēslā ar īpašajām Saules novērojumu brillītēm, fotografēt aptumsuma secību vai arī filmēt apkārtni. Gatim Šķilam ir sērija ar daļējā un pilnā aptumsuma



Gatis Šķila amerikāņiem rāda iegūto Saules attēlu ar ērgļa siluetu. Foto: Mārtiņš Gills

Saules attēliem. Bet viens attēls ir īpaši izdevies – daļējās fāzes laikā, kad pār Sauli vēl skrēja mākoņi un kad uz dažiem mirkļiem to varēja skatīt arī bez īpašiem filtriem, tapa kadrs ar Sauli un lidojošu ērgli (*sk. vāku 2. lpp.*). Ātri vien starp citiem novērotājiem izplatījās ziņa par šo skaisto attēlu, un vietējie nāca to skatīties fotoaparāta ekrānā. Protams, pašu pilnā aptumsuma brīdī apraksīt nav viegli un varbūt arī nevajag – vislabāk kaut reizi to piedzīvot pašam. Raksta autors var vien minēt to, ka katrs no trim novērotājiem pilnajiem Saules aptumsumiem ir bijis atšķirīgs.

Aptumsums atbalsojās masu saziņas līdzekļos aptuveni pusotras dienas garumā. Tūlīt pēc tam ziņās dominēja politika un Teksasai uzbrūkošā viesuļvētra Hārvijs. Par aptumsumu bija sajūsmas pilnas reportāžas no dažādām novērojumu vietām. Netrūka iespaidu un vizuālo materiālu sociālajos tīklos. Daži uzsvēra, ka šis ir bijis visvairāk fotografētais un filmētais Saules aptumsums cilvēces vēsturē. Starp dažādiem interesantiem, kurioziem vai pat traģiskiem atgadījumiem, kas notika Saules aptumsuma laikā, īpaši tika pieminēta Karbondeila (Ilinoisas štatā), kas atradās kādu divsimt kilometru attālumā no mūsu novērojumu vietas. Tur vietējā stadionā



Pilnās fāzes laikā, ISO 125, f/5.6, 1/8 s.

Foto: Gatis Šķila



Projekcija no papīrā izspiestiem caurumiņiem.

Foto: Mārtiņš Gills

bija sarīkota kolektīva vērošana – ar ieejas biļetēm, lekcijām un novērojumu brillēm. Tomēr neilgi pirms pilnās fāzes iestāšanās debess bija klāta ar vidēji biezu mākoņu kārtu. Vairums piedzīvoja vilšanos, jo īpašo brīdi neredzēja.



Pilnās fāzes laikā, ISO 125, f/5.6, 1/500s.

Foto: Gatis Šķila

Pēc izcilā notikuma privātās sarunās autors varēja secināt, ka ASV var atkārtoti kļūt par piesaistes punktu aptumsuma vērotājiem no Latvijas, kad pēc septiņiem gadiem, 2024. gada 8. aprīlī, aptumsuma josla šķērsos virkni štatu dienvidu-ziemeļu virzienā, kā arī Kanādu un Meksiku. Nav šaubu, ka daļa no 2017. gada aptumsuma novērotājiem darīs to atkārtoti 2024. gadā vai arī agrāk – piemēram, 2019. vai 2020. gadā, kad pilno Saules aptumsumu joslas šķērsos Čīli un Argentīnu. D

CEĻĀ UZ VARENO AMERIKĀŅU APTUMSUMU

2017. gada 21. augustā no Zemes atkal bija vērojams pilns Saules aptumsums, un eclipse-tour.org komanda, protams, devās to novērot – šoreiz uz ASV. Valsti aptumsuma novērojumiem bija ļoti viegli izvēlēties – nekur citur pilnā fāzē nebija redzama. Taču, kā zināms, ASV ir milzu teritorija, katrs tās štats ir aptuveni vidējas Eiropas valsts izmērā, līdz ar to bija jāizvēlas, uz kuru štatu lidot un kur vērot aptumsumu. Aplūkojot pēdējo gadu laika apstākļu statistiku, par vislabāko novērojumiem tika atzīts rietumkrasta štats Oregonā, savukārt lidojumi iegādāti uz Sanfrancisko pilsētu Kalifornijā. Visilgākā pilnā fāzē, 2 minūtes un 40 sekundes, bija novērojama Ilinoisas štatā ASV vidienē. Izvēlētajā vietā Oregonā tā bija 36 sekundes īsāka, taču par svarīgāku apstākli tika atzītas skaidras debess prognozes.

Šajā aptumsuma braucienā bija plānots piedalīties 24 latviešiem, pie kam bija zināms arī citas mazākas grupiņas, kas no Latvijas devās novērot šo aptumsumu – tikai uz citām vietām vai citos laikos. Tā kā ASV rietumkrasts ir tālu, taču tajā ir ļoti daudz ievērojamu apskates objektu, mūsu brauciena ilgums bija 4 nedēļas – lai, vienreiz aizbraucot, paspētu ieraudzīt un piedzīvot pēc iespējas vairāk. Turpinājumā stāsts par to, kā mums gāja visā braucienā.

Brauciens sākās ar sapulcēšanos Rīgas lidostā 30. jūlija pēcpusdienā. Lielākā daļa grupas uz ASV devās caur Stambulu, kur nākamajā dienā ASV iebraukšanas atļaujas problēmu dēļ diemžēl nācās atstāt mūsu dalībniekus Loretu un Austri. Kā izrādījās, saziņoties ar ASV vēstniecību, nelaišana uz lidmašīnas klāja bija nepamatota, taču pagāja ilgs laiks, līdz par to varēja vienoties ar lidkompāniju, tāpēc visu turpmāko braucienu tomēr pavadījām 22 cilvēku sastāvā.



2017. gada aptumsuma ceļojuma logo. Autore Lāsma Kalniņa.

Foto: Kristaps Meņģelis

31. jūlija vakarā ielidojām Sanfrancisko, kur neliela daļa grupas palika nakšņot pie vietējiem latviešiem, kamēr citi iekārtojās viesnīcā Sanfrancisko kaimiņu pilsētā Oklendā. Nākamajā dienā izstaigājām Sanfrancisko pilsētas ievērojamākās un interesantākās vietas, kā arī pabrukcājām ar vietējo kabeltramvaju. Zelta vārtu tilts lielāko dienas daļu slēpās miglā, taču par to nebēdājām, jo nākamajā dienā bija iepļānots doties tieši uz to. Diemžēl no rīta migla, ko vietējie sauc vārdā *Karls*, joprojām ietina tiltu – lielākoties redzējām tikai tuvāko tilta balstu, taču vienā brīdī varējām saziņot vienlaicīgi abus balstus. Turpceļā bijām aizbraukuši tilta otrā galā ar autobusu, bet atpakaļceļā devāmies tam pāri kājām. Nebija silts. Sanfrancisko vidējā dienas temperatūra vasarā okeāna vēju un mitruma dēļ ir vien 15 Celsija grādi – siltāks laiks tur iestājas tikai septembra beigās.

Pēcpusdienā autonomā izņēmām rezervētās automašīnas un sākām savu ceļu uz rietumiem. Vakarā vēl nācās diezgan satraukties par ekipējuma iegādi, jo ne visu bijām varējuši paņemt līdzī, cerot uz ASV lielveikalu piedāvājumu, bet ne par visu cerības

attaisnojās. Pārnēsājamo plītiņu gāzes baloniņu plauktos vairākos apbraukātajos veikalos varēja redzēt tikai cenu zīmi – reālu baloniņu blakus cenu zīmei atradām tikai vienā.

Nākamajā dienā tomēr atradām alternatīvu risinājumu plītiņām un baloniņiem un droši devāmies ceļā uz Josemitu ieleju. Šis ir viens no slavenākajiem dabas parkiem ASV, to ik gadu apmeklē ap 5 miljoni cilvēku. Parkā ir vairāki augsti un skaisti ūdenskritumi, kurus, ejot īsākos un garākos pārgājienos pa parka takām, varējām apskatīt no dažādām pusēm. Nakšņojām iepriekš sagādātajās tel-

fīs kempingos. Vienu no tiem bija pavasarī izdevies rezervēt, bet otrajai naktij nācās vietu meēt uz vietas vienā no tādēim, kas tās piešķir ierašanās rindas kārtībā. Bijām tajā jau pirms pulksten 8 no rīta, taču pagāja pāris stundas, līdz bijām dabūjuši vietas visām teltīm, un arī tikai laimīgu sagādēšanos pēc. Tātad, pulksten 8 no rīta jau patiesībā ir par vēlū sākt telšu vietu medības.

Pa ceļam arī no Josemitu ielejas vēl piestājām birzi ar sekvojām. Galvenajā Josemitu ielejas sekvoju birzī Mariposa šogad notiek labiekārtošanas darbi, taču atradām kādu citu, mazāku. Šie lielle koki nebija daudz mūsu takas ceļā, taču to apkārtmērs bija patiešām iespaidīgs. Lielākajam no tiem apkārt bija sētiņa, līdz ar to nevarējām noskaidrot, cik latvieši vajadzīgi, lai to apkertu, taču pēc pieejamajiem datiem tā apkārtmērs pie zemes ir 30 m – tātad koks gandrīz 10 m diametrā!

Ceļu turpinājām okeāna virzienā. Visskaitākais ceļš no Sanfrancisko uz Losandželosu iet gar okeānu, taču mēs pa to varējām pabrukt vien daždesmit kilometru. Iepriekšējā ziemā piekrastē plosījušās vētras bija pamatinījušās nograut arī kādu tiltu uz šī ceļa, un plānots to atvērt par jaunu bija tikai rudenī. Taču tas mūsu skatu priekam daudz netraucēja, jo



Sanfrancisko kabeltramvajā.

Foto: Ilgonis Vilks



Likumotā Lombarda iela Sanfrancisko.

Foto: Ilgonis Vilks



Miglā Karls tītais Zelta vārtu tilts Sanfrancisko knapi saskatāms. Foto: Kristaps Meņģelis



Vakariņu gatavošana moteļa pagalmā
Foto: Ilgonis Vilks



Ūdenskritums Josemitu ielejā.
Foto: Ilgonis Vilks



Kristīne pie sekvojas. Foto: Ilgonis Vilks



Apskates galvenais mērķis: atspolķuģis Endeavour Kalifornijas zinātnes muzejā.

Foto: Ilgonis Vilks

arī līdz šim tiltam acis priecēja skaistas klintis un citi tilti okeāna krastā.

Pirms Losandželosas pietājam vienā no Malibu pludmalēm, kur viens no galvenajiem šoferiem, Imants, pamaniņās uz akmeņiem ūdeni salauzt kājas pirkstu. Izrādās, ka īpaši izturīgi cilvēki arī šādos apstākļos spēj turpināt vadīt auto vairākas stundas dienā, taču šis notikums noteikti ļāva otrajam šī auto šoferim Kristīnei iegūt lielāku pieredzi braukšanā pa ASV, nekā bija sākotnēji domāts.

Losandželosā pirmo apmeklējām Kalifornijas zinātnes muzeju. Bērni, iespējams, šeit spētu pavadīt visu dienu, bet mūsu galvenais

mērķis bija atspolķuģis (shuttle) Endeavour. Līdz ar šo apmeklējumu daži no mums nu jau bija redzējuši visus 3 kādreiz kosmosā lidojušos atspolķuģus. No zinātnes muzeja devāmies kalnup uz Grifitsa observatoriju. Šī gan nekad nav bijusi zinātniska observatorija, tomēr dienās, kad tā atvērta apmeklētājiem, tās muzejā ir iespējams apskatīt daudz interesantu lietu. Pirmdienā, kad tur bijām mēs, muzejs bija slēgts, taču izbaudījām skatu no augšas uz Losandželosas pilsētu, kā arī slaveno Hollywood zīmi pretējā kalnā.

(Turpinājums sekos)

MĀRTIŅŠ KERUSS

18. ASTRONOMIJAS AMATIERU UN INTERESANTU SALIDOJUMS STARSAPACE OBSERVATORIJĀ



Cassini skaitļos.

Visi att. – autora foto

16. septembrī Starspace observatorijā Kalfiņos notika kārtējais, nu jau 18., astronomijas amatieru salidojums. Šā salidojuma tēma bija veltīta Cassini kosmiskā aparāta darba noslēgumam, kas beidzās 15. septembrī. Ilgonis Vilks pastāstīja par to, kādas zināšanas cilvēcei ir devusi šī misija, kura sākās jau 1997. gadā. Jāņa Jaunberga stāstījuma tēma bija par ledus pavadoņiem un tā klātbūtni Saturna sistēmā. Arī žurnālā *Zvaigžņotā Debess* ir regulāri lasāmi viņa raksti par šo tēmu.

Ventspils Augstskolas profesors Juris Žagars un docents un vadošais pētnieks Aigars Krauze pastāstīja par Latvijas pirmā pavadoņa Venta tapšanu un tā palaišanu orbītā, kā arī par problēmām, ar kurām bija jāsasopas tā izstrādes gaitā. Lekcijas laikā tika demons-



Tās ir tikai dažas problēmas, ar ko jāsaskaras Breakthrough iniciatīvas realizētājiem.



Pasākumu kopumā apmeklēja ne vairāk kā 50 cilvēku.

trēti arī video un slaidi ar fotogrāfijām, kas saistīti ar pavadoņa *Venta* tapšanu.

Andis Zariņš pastāstīja par tā saucamo *Breakthrough Initiatives* izpētes programmu, kuras mērķis ir demonstrēt konceptu, kā

* Sk. Misa R. Solis tuvāk zvaigznēm. – *ZvD*, 2016/17, Zieme (234), 19-23. lpp. <http://www.lu.lv/zvd/2016/ziema/solis-tuvak-zvaigznem/>

ar nanozonžu palīdzību sasniegt Centaura Alfu vienas paaudzes laikā*. Arī pavadonim *Venta* ir piestiprināta viena šāda zonde, par kuru presē informācija parādījās tikai pēc tā starta.

Pasākumā piedalījās līdz 50 cilvēkiem. Uz vakara pusi laiks noskaidrojās, un tas kļuva labvēlīgs novērojumiem. D

ŠOZIEM ATCERAMIES i ŠOZIEM JUBILEJA i ŠOZIEM ATCERAMIES

Pirms **80 gadiem – 1938. g. 8. martā** Maskavā dzimis astrofizikis *Dr.phys. Ernests Grasbergs*, LZA Radioastrofizikas observatorijas (līdz 1967. gadam – Astrofizikas laboratorija) līdzstrādnieks (1960-1997), LU Astronomijas institūta vadošais pētnieks (1997-2009). Disertāciju par dažiem pārnovu teorijas jaunākajiem aiztāvējiem (1977) PSRS Zinātņu akadēmijas Kosmisko pētījumu institūtā Maskavā, iegūstot fizikas un matemātikas zinātņu kandidāta grādu. Piedalījies Halleja komētas novērojumu apstrādē. Miris 2012. g. 27. augustā Rīgā. Sk. vairāk *Zvaigžņotajā Debessī: Francmanis J. Aizstāvēta kandidāta disertācija.* – 1977/78, Zieme (78), 63. lpp.; *Francmanis J. Astrofizikim Ernestam Grasbergam* – 60. – 1998, Pavasaris (159), 30.-31. lpp. un *Grasbergs E. Kā nonācu līdz astrofizikai.* – 1998, Pavasaris (159), 32.-33. lpp.

70 gadu – 1947. g. 23. decembrī dzimis fizikas zinātņu doktors *Ivars Šmelde*, LU Astronomijas institūta (1997) un Ventspils Augstskolas Inženierzinātņu institūta "Ventspils Starptautiskais radioastronomijas centrs" vadošais pētnieks. LZA Radioastrofizikas observatorijas līdzstrādnieks (1970-1997). Tartu aizstāvējis (1977) fizikas un matemātikas zinātņu kandidāta disertāciju «Исследование аномального микроволнового излучения космических молекул H₂O». Latvijas Astronomijas biedrības prezidents (1993-2002). Vairāk sk. rakstos "ZvD": *Cirse Z. Jauns zinātņu kandidāts.* – 1978, Pavasaris (79), 59.-60. lpp.; *Cimahoviča N. Kā Ivars Šmelde kļuva par astronomu.* – 2008, Vasara (200), 27.-29. lpp.

70 gadu – 1948. g. 16. februārī dzimis *Edgars Mūkins*, aktīvs kosmosa jaunumu popularizētājs "Zvaigžņotajā Debessī" kopš 1970. gadu vidus, tās redakcijas kolēģijas loceklis (1988-1995). PSRS Kosmonautikas federācija par PSRS sasniegumu kosmiskās telpas pētījumos un apgūšanā propagandu viņam piešķīrusi (1981) Jurija Gagarina medaļu (sk. "ZvD", 1983/84, Zieme (102), vāku 3. lpp. un *Astromiskais kalendārs* 1998, 21. lpp.).

I. D., I. P.

Pirms **60 gadiem – 1958. g. 1. janvārī** sāka darbu LPSR ZA **Astrofizikas laboratorija**, kuras pamatā bija 1946. gadā ZA Fizikas un matemātikas institūta sastāvā dibinātais Astronomijas sektors. Jāņa Ikaunieka (1912-1969) vadībā Astrofizikas laboratorija izauga par ZA Radioastrofizikas observatoriju (1967). Par LatvPSR ZA Radioastrofizikas observatorijai (I.XII 1967.) – 50 sk. "ZvD" 2017, Rudens (237), 35. lpp.

I. D.

Pateicība. *Zvaigžņotā Debess* šogad iznāca ar Latvijas Universitātes finansiālu atbalstu, pateicoties rakstu autoru nesavīgajam darbam un *ZvD* lasītāju interesei.

Paldies visiem atbalstītājiem!

Redakcijas kolēģija

ILGMĀRS EGLĪTIS

PĀRSKATS PAR LU ASTRONOMIJAS INSTITŪTA DARBĪBU 2016. GADĀ

(Nobeigums, sākums ZvD, 2017, Vasara (236), 65. lpp.)

LU projekti: "Satelītu un kosmisko atkritumu lāzermērījumi starptautisko programmu ietvaros" sadarbībā ar LU Atomfizikas un spektroskopijas institūtu;

"Programmatūras izveide liela apjoma datu bāzes izveidošanai no Šmita teleskopa astroplašu arhīva digitalizācijas datiem" sadarbībā ar LU Datorikas fakultāti;

"Augsti informatīvas datu bāzes izveidošana uz Šmita teleskopa astroplašu arhīva digitalizācijas bāzes" sadarbībā ar LU MII;

"LKS-92 ģeodēzisko novērojumu nullespunkta uzturēšana LU AI satelītnovērojumu stacijā".

Sadarbībā ar Viļņas universitātes Teorētiskās fizikas un astronomijas institūtu: "Saules sistēmas mazo ķermeņu un Saules masas zvaigžņu evolūcijas beigu stadijas pēfijums".

2016. gada publikācijas:

Djupvik, A.A.; Liimets, T.; Zinnecker, H.; **Barzdis, A.**; Rastorgueva-Foi, E.A.; Petersen, L.R. Proper motions of embedded protostellar jets in Serpens. – *Astronomy & Astrophysics*, Vol. 587, id. A75, 17 pp., 2016.

Eglīte, M.; **Eglītis, I.** Baldone Schmidt (Latvia) Telescope Astrophotos Archive. – *Odessa Astronomical Publications*, vol. 29, p. 120-122 (2016).

Eglītis, I.; **Eglīte, M.**; Shatokhina, S.V.; Andruk, V.M. Obtaining Positions of Asteroids from Digitized Processing of Photographic Observations in Baldone Observatory (Code 069). – *Odessa Astronomical Publications*, vol. 29, p. 123-125 (2016).

Eglītis, I.; **Eglīte, M.**; Pakuliak, L.K.; Andruk, V.M. UV-Photometry with the 1.2 M Schmidt

Telescope in Baldone. – *Odessa Astronomical Publications*, vol. 29, p. 126-129 (2016).

Iesniegta publicēšanai: **Эглитис И.**, Андрук В., Пакуляк Л., **Эглите М.** U-величины астронегативов телескопа Шмидта в Балдоне. – *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка, "Астрономія"*.

Starptautisko konferenču tēzes un uzstāšanās:

I. Eglītis, M. Eglīte, V. Andruk, L. Pakuliak. U-magnitudes of stars and galaxies from the digitized astronegatives of Baldone Schmidt telescope / *AstroPlate: International Workshop on Scientific use, digitization and preserving astronomical photographic records*, 14-18 March, 2016, Prague: Abstracts Prague, 2016 P. 1.

I. Eglītis, M. Eglīte, S.V. Shatokhina, V.M. Andruk, Yu.I. Protsyuk. Asteroids from digitized processing of photographic observations in Baldone / *AstroPlate: International Workshop on Scientific use, digitization and preserving astronomical photographic records*, 14-18 March, 2016, Prague: Abstracts Prague, 2016 P. 1.

I. Eglītis, M. Eglīte, L.V. Kazantseva, S.V. Shatokhina, Yu.I. Protsyuk, O.E. Kovylianskaya, V.M. Andruk. Astrometry and photometry processing of Pluto digitized photographic observations during 1961 to 1996 / *AstroPlate: International Workshop on Scientific use, digitization and preserving astronomical photographic records*, 14-18 March, 2016, Prague: Abstracts Prague, 2016 P. 1.

I. Eglītis, M. Eglīte. Baldone Schmidt (Latvia) Telescope Astrophotos Archive / 16-th Odessa International Astronomical Gamow Conference-School "Astronomy and beyond: Astrophysics, Cosmology and Gravitation, Cosmomicrophysics, Radio-astronomy and Astrobiology", 14-20 August, 2016, Odessa, Chernomorka, Ukraine Odessa, 2016 p. 25.

I. Eglītis, M. Eglīte, V. Andruk, L. Pakuliak. Progress in working with the U-astronegatives from the 1.2 m Schmidt telescope in Baldone / 16-th Odessa International Astronomical Gamow Conference-School "Astronomy and beyond: Astrophysics, Cosmology and Gravitation, Cosmomicrophysics, Radio-astronomy and Astrobiology", 14-20 August, 2016, Odessa, Chernomorka, Ukraine Odessa, 2016 P. 25.

I. Eglītis, S.V. Shatokhina, V.M. Andruk, M. Eglīte. Obtaining positions of asteroids from digitized processing of photographic observations in Baldone observatory (code 069) / 16-th Odessa International Astronomical Gamow Conference-School "Astronomy and beyond: Astrophysics, Cosmology and Gravitation, Cosmomicrophysics, Radio-astronomy and Astrobiology", 14-20 August, 2016, Odessa, Chernomorka, Ukraine Odessa, 2016 P. 25.

I. Eglītis, M. Eglīte. Space research in Baldone observatory / Actual Questions of Ground-based Observational Astronomy. – International Conference held 26-29 September, 2016 in Mykolaiv, Ukraine. Abstract Book, p. 9-10 (2016).

Andruk, V.; Pakuliak, L.; Golovnia, V.; Shatokhina, S.; Yzhakevych, O.; Protsyuk, Yu.; Eglītis, I.; Eglīte, M.; Kazantseva, L.; Relke, H.; Q. Yuldoshev, M. Muminov. Star Photometry on Digitized Astronegatives / Actual Questions of Ground-based Observational Astronomy. – International Conference held 26-29 September, 2016 in Mykolaiv, Ukraine. Abstract Book, p. 6 (2016).

Jaakko Mäkinen, Ivars Liepiņš, Viesturs Sprogis, Jānis Sakne, Kalvis Salmiņš, Jānis Kaminskis, Reinhard Falk, David Stizza. Using relative gravity measurements between surface and underground stations to assess the hydrology of the soil layers in between. – 18th International Symposium on Geodynamics and Earth Tides, Trieste, Italy, 5-9 June 2016 (*fiks publicēts Pure and Applied Geophysics, 2017, Springer*).

K. Salmins, J. del Pino. Modernization of the SLR Station Riga. – 16th Ukrainian Conference on Space Research, Odessa – Aug 22-26/2016, ISSN 2309-2130, UCS.

J. del Pino, I. Liubich, S. Melcov. Experimental Determination of the System Delay for the SLR Station 1884, Riga. – 16th Ukrainian Conference on Space Research, Odessa – Aug 22-26/2016, ISSN 2309-2130, UCSR98.

J. del Pino, I. Liubich, S. Melkov, S. Horelnykov, K. Frolkov, K. Salmins. SLR Station 1884, Riga, Upgrading the Station Calibration Procedures. – Proceedings of the 20th International Workshop on Laser Ranging, Potsdam, October 9-14, 2016.

K. Salmins, J. del Pino. SLR Station Riga Status Report. – 20th International Workshop on Laser Ranging, Potsdam, October 9-14, 2016.

K. Salmins, J. del Pino, M. Abele, A. Meijers. SLR Station 1884 Riga, Upgrading Report. – Proceedings of the 20th International Workshop on Laser Ranging, Potsdam, Germany, 2016.

K. Salmins, V. Bepalko, I. Liubich, S. Melkov, K. Frolkov, S. Horelnykov. Estimation of Electronics Component Contribution in the Overall Measurement Error at SLR Station Riga. – 20th International Workshop on Laser Ranging, Potsdam, October 9-14, 2016.

Ziņojumi LU 74. konferencē:

M. Ābele, J. Vjaters. "SLR teleskopa "Egle" montāža".

M. Ābele, K. Salmiņš, J. Vjaters. "Jauno SLR teleskopu optiskās sistēmas".

M. Eglīte, I. Eglītis, G. Vitka. "Oglekļa zvaigžņu telpiskā sadalījuma īpatnības".

I. Eglītis. "Kosmisko pētījumu nākotnes vīzijas Baldones observatorijā".

I. Eglītis. "LU Astronomijas institūta HORIZONTS 2020 projekti".

I. Eglītis, M. Eglīte. "Saules sistēmas mazo ķermeņu pētījumi Astrofizikas observatorijā Baldonē".

I. Eglītis, M. Eglīte, L. Kazanceva. "Asteroīdu mērījumi, izmantojot Baldones Šmita teleskopa arhīva datus".

J. del Pino, K. Salmiņš. "Teleskopa LS-105 modelis".

K. Salmiņš. "Projekta 01-27/287 par LU Astronomijas institūta Ģeodinamiskās observatorijas remontdarbu, zinātniskā aprīkojuma iegādi un starptautisko saistību publicitāti realizācija".

K. Salmiņš, J. del Pino. "SLR sistēmas 1884 Rīga modernizācijas rezultāti".

K. Salmiņš, J. del Pino. "SLR sistēmas LS-105 mērījumu precizitātes novērtējums".

K. Salmiņš, J. del Pino. "SLR stacija 1884 Rīga 2015. gadā".

I. Vilks. "Astronomijas popularizētājs Roberts Makstis".

PEDAGOĢISKĀ DARBĪBA

A. Sokolovas bakalaura darbs "Oglekļa zvaigžņu telpiskā sadalījuma īpatnības Piena Ceļa galaktikā", vad. I. Eglītis.

D. Špakova maģistra darbs "Negravitācijas spēku loma komētu kustībā", vad. A. Salītis (Daugavpils universitāte) un I. Eglītis (LU AI).

E. Lauka (RTU students) bakalaura darbs, vad. K. Salmiņš.

Lekciju kursi Latvijas Universitātes studentiem "Vispārīgā astronomija un astrofizika", "Dabaszinātņu vēsture", "Fizikas un tehnikas vēsture", lasa I. Vilks.

Darbība Latvijas atklātās astronomijas olimpiādes organizēšanā un norisē, Latvijas Astronomijas biedrības amatieru astronomijas semināra "Ērglis 2016" organizēšanā un norisē. (I. Vilks)

Diskusija par astronomijas olimpiāžu organizēšanu Starptautiskajā astronomijas skolotāju seminārā Rīgā (vad. I. Vilks).

Nodarbības (16 st.) dabaszinību skolotājuursos Rīgā par astronomijas un fizikas jautājumiem 5. un 6. klasē.

Darbība Ēnu dienu pasākumā.

Konsultēts Rīgas Franču liceja skolēna ZPD "Eksoplanētu raksturlielumu izpēte apdzīvotības novērtēšanai".

LU AI Ģeodinamiskajā observatorijā: studentu apmeklējumi mācību kursu ietvaros no LLU Zemes pārvaldības un Ģeodēzijas katedras (1), no RTU Ģeomātikas un Inženierekonomikas fakultātes (3).

SADARBĪBA AR SABIEDRĪBU

Konsultācijas-izziņas policijai un tiesu ekspertiem par redzamības apstākļiem.

Četrreiz gadā izdots zinātniski populārs žurnāls "Zvaigžņotā Debess" – Pavasaris, Vasara, Rudens (pielikumā *Astronomiskais kalendārs*), Ziema; tās numuri (nr. 231 – nr. 234) izsūtīti (martā, jūnijā, septembrī, decembrī) 44 astronomiskām iestādēm 23 ārvalstīs.

Papildināts "ZvD" arhīvs (1958-2012) LU e-resursu repositārijā: LZA un LU AI žurnāla *Zvaigžņotā Debess* 4 laidieni – Pavasaris'2012 (nr. 215) - Ziema'2012/13 (nr. 218) – ievietoti <https://dspace.lu.lv/dspace/handle/7/1171>, kļūstot pieejami ikvienam fīmekļa lietotājam, popularizējot astronomijas, tostarp LU Astronomijas institūta sasniegumus.

Ievadvārdi Latvijas Zinātņu akadēmijas un gadalaiku izdevuma kopīgajā pasākumā "Zvaigžņotā Debess" savieno *Latviju ar pasauli* 2016. gada 4. oktobrī – pirmā ZMP palaišanas 59. gadadienā – LZA Augstceltnē. Sastādīta LZA un "ZvD" kopīgā sarīkojuma programma. Izveidota ar LZA ār. loc. prof. D. Draviņa (Lundas observatorija, Zviedrija), PhD A. Slavinska (Tartu observatorija, Igaunija), PhD J. Jaunberga, R. Misas un K. Kemlera priekšlasījumiem saistītu "ZvD" publikāciju izstāde.

Notikušas 76 populārzinātniskas lekcijas Baldones observatorijā, kurās piedalījušies 3302 apmeklētāji.

4 uzstāšanās Latvijas Radio (LR) un radio *Baltkom*, LR 1 raidījumā "Zināmais nezināmajā", LR 4 2016. g. augustā.

7 uzstāšanās televīzijā: TV Panorāmai, LNT – 2, KiviTV – 2, LTV1 – 2.

Intervijas avīzēm *Aprīņa Avīze*, *Dienas Bizness*, žurnāliem *Energija un Pasaule*, *Ieva*, *Ilustrētā Zinātne*.

Vadītas divas skolēnu ekskursijas pie Origo Saules pulksteņa.

Organizēšana un ziņojums LU zinātnes kafetnīcā "Gravitācijas viļņi un melnie caurumi".

14 priekšlasījumi par dažādiem astronomijas jautājumiem Carnikavas pamatskolā, bērnodārzā Rīgā, Jauniešu astronomijas klubā, trīs Latvijas Astronomijas biedrībā, klubā "Brazīlija", tālmācības vidusskolās (2), LAB vasaras seminārā "Ērglis 2016", *Starparty* observatorijā Suntažos, Rankas arodskolā, Gulbenes bibliotēkā, LU Bibliotēkā.

LU Zinātņu un tehnikas vēstures muzejā novadīti 16 miniplanētārija seansi 510 apmeklētājiem.

Konsultācijas un divas uzstāšanās LU Bibliotēkas izstādes "Latvijas Universitāte Saules sistēmā: debess ķermeņi, kam dots ar Latviju un Latvijas Universitāti saistīts vārds" veidotājiem.

Publicēti 22 **populārzinātniskie raksti**, no tiem 21 *Zvaigžņotajā Debesī* (I. Eglītis – 2, I. Pundure – 14, I. Vilks – 5), 1 *Ilustrētajā Zinātnē* (I. Vilks), sagatavoti 2 raksti topošajai *Nacionālajai Enciklopēdijai* (I. Vilks).

Personāls. 2016. gadā LU Astronomijas institūtā strādāja 7 zinātņu doktori (M. Ābele, A. Barzdis, I. Eglītis, A. Grapa, J. del Pino (vieszinātnieks), I. Vilks, I. Šmelds); vadošie pētnieki – 4, pētnieki – 4, zinātniskie asistenti – 2, tehnicais personāls – 5.

Vieszinātnieku vizītes: no Ukrainas ZA Galvenās Astronomiskās observatorijas (4 zinātnieki uz 4 mēnešiem), no Donbasa Tehniskās universitātes (4 uz 3 mēnešiem).

Viesstudenti no *Brigham* universitātes (ASV) Bc. phys. *Ethan Welch* un *Emily Welch*.

Atzinības. Latvijas Izglītības un zinātnes ministrijas Pateicības raksts M. Eglītei *Par nozīmīgu ieguldījumu skolēnu pētniecisko darbu vadīšanā, sagatavojot Latvijas skolēnu zinātniskajai konferencei* (2016. g. aprīlī).

Latvijas Zinātņu akadēmija, izvērtējot vairāk nekā 50 iesniegtos priekšlikumus dažādās zinātņu nozarēs, starp 11 nozīmīgākajiem sasniegumiem Latvijas zinātnē 2016. gadā nosaukusi LU Astronomijas institūta pētījumu *Saules sistēmas mazo planētu – asteroīdu pētījumi*. D



Zinātniekiem veltītas pastmarkas Latvijas simtgades sērijā. Latvijas Republikas simtgadei veltītajā pastmarku sērijā Latvijas Pasts 3. novembrī izdevis pastmarkas, ar kurām tiek izcelts Latvijai būtisku zinātnieku veikums un panākumi trīs nozarēs – medicīnā, ķīmijā un astrofizikā – vienā no astronomijas apakšnozarēm. Starp Latvijas **astrofizikas pamatlicējiem** ir arī inženieris-konstruktors **Frīdrihs Canders**, viens no **raķešbūves** pionieriem, un asteroīdu un komētu pētnieks LVU prof. **Kārlis Šteins**, kas astronomijas zinātni bagātinājis ar saviem pētījumiem **kosmogonijā**, **debess mehānikā**. Pastmarku un aplokšnes dizaina autore ir māksliniece Elīta Viliama. Māksliniecei par godu jāatzīmē, ka vismaz markā attēlotie elementi ir šiem zinātniekiem piedabīgi – raķete, pavadoņi, galaktika, teleskopa paviljoni.

DEBESS SPĪDEKĻI 2017./2018. GADA ZIEMĀ

Astronomiskā ziema 2017. gadā sāksies **21. decembrī plkst. 18^h28^m**. Šajā brīdī Saule ieies Mežāža zodiaka zīmē (Υ), un tai tad būs maksimālā negatīvā deklinācija. No šā laika tā sāks pieaugt – tāpēc šo notikumu sauc arī par **ziemas saulgriežiem**, kuriem jau kopš seniem laikiem ir bijusi liela nozīme daudzu tautu dzīves ritmā.

2018. gada **3. janvārī plkst. 8^h** Zeme atradīsies vistuvāk Saulei (**perihēlijā**) – 0,983 astronomiskās vienības.

2017./18. gada astronomiskā ziema beigsies 20. martā plkst. 18^h15^m, kad Saule nonāks pavašara punktā un ieies Auna zodiaka zīmē (Υ). Šajā laikā diena un nakts ir apmēram vienādi garas. Tāpēc šo notikumu sauc par pavasara ekvinokciju.

Ziemas debesis ir ļoti pievilcīgas un skaistas, jo galvenie zvaigznāji ir bagāti ar spožām zvaigznēm. Sevišķi šajā ziņā izceļas skaistākais debess zvaigznājs Orions. Viegli atrodami un izteismīgi ir arī Vērša, Vedēja, Perseja, Dvīņu, Lielā Suņa un Mazā Suņa zvaigznāji. T.s. ziemas trijstūri veido trīs pirmā lieluma zvaigznes – Sīriuss (Lielā Suņa α), Procions (Mazā Suņa α) un Betelgeize (Oriona α). Vērša zvaigznājā viegli ieraugāmas vaļējās zvaigžņu kopas – Hiādes un Plejādes (Sietiņš).

Ar optikas palīdzību var ieteikt aplūkot šādus debess dziļu objektus: Oriona miglāju M 42–43 (Oriona zvaigznājā); vaļējo zvaigžņu kopu M 37 (Vedēja zvaigznājā); vaļējo zvaigžņu kopu M 35 (Dvīņu zvaigznājā); Rozetes miglāju (Vienradža zvaigznājā); zvaigžņu kopu NGC 2244 (Vienradža zvaigznājā); vaļējo zvaigžņu kopu M 48 (Hidras zvaigznājā); vaļējo zvaigžņu kopu M 44 (Vēža zvaigznājā).

Galvenie trūkumi ziemas zvaigžņotās debess novērošanai Latvijā ir divi – maz skaidra laika un lielais, stindzinošais aukstums tad, kad ir skaidrs laiks.

Saules šķietamais ceļš 2017./18. gada ziemā kopā ar planētām parādīts 1. attēlā.

PLANĒTAS

2. janvārī **Merkurs** nonāks maksimālajā rietumu elongācijā (23°). Tāpēc decembra beigās un janvāra sākumā to varēs mēģināt ieraudzīt rītos, neilgu laiku pirms Saules lēkta, zemu pie horizonta, dienvidaustrumos.

Turpmāk Merkura elongācija arvien samazināsies, un 17. februārī tas nonāks augšējā konjūkcijā ar Sauli (aiz tās). Tāpēc Merkurs nebūs novērojams lielāko daļu janvāra un visu februārī.

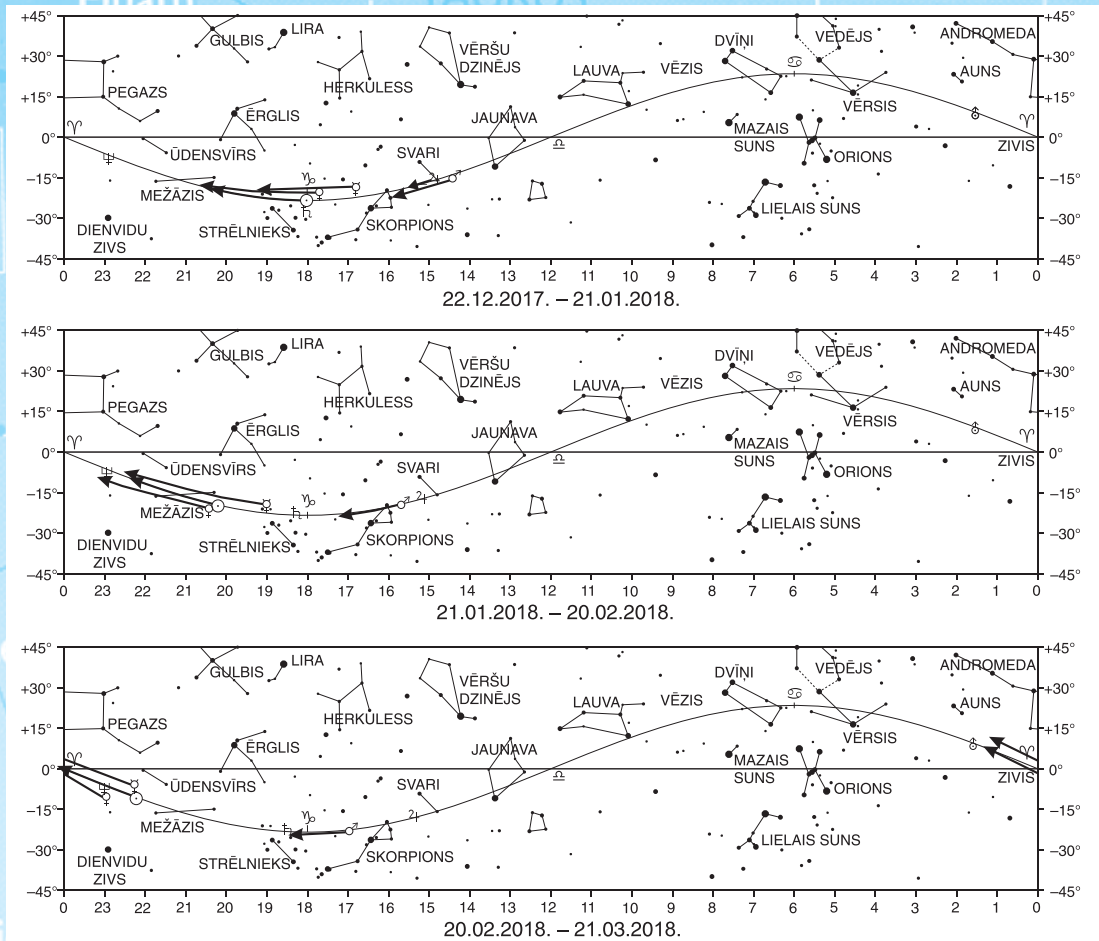
15. martā Merkurs atradīsies maksimālajā austrumu elongācijā (18°). Tāpēc, sākot apmēram ar 5. martu un līdz pat ziemas beigām, to varēs novērot vakaros, rietumu pusē zemu pie horizonta.

15. janvārī plkst. 9^h Mēness paies garām 2,5° uz augšu, 15. februārī plkst. 20^h 0,2° uz augšu un 18. martā plkst. 16^h 9° uz leju no Merkura.

2017./18. g. ziema būs nelabvēlīga **Venēras** novērošanai. 9. janvārī tā atradīsies augšējā konjūkcijā ar Sauli (aiz tās). Tāpēc tai gandrīz visu ziemu būs tik maza elongācija, ka vispār nebūs redzama. Tikai sākot apmēram ar 10. martu, kad Venēras austrumu elongācija pārsniegs 15°, to varēs mēģināt ieraudzīt tūlīt pēc Saules rieta, zemu pie horizonta rietumu pusē. Tās spožums šajā laikā būs -3^m,9.

17. janvārī plkst. 8^h Mēness paies garām 2° uz augšu, 16. februārī plkst. 18^h 1° uz leju un 18. martā plkst. 23^h 4,5° uz leju no Venēras.

Pašā ziemas sākumā un līdz janvāra beigām **Mars** atradīsies Svaru zvaigznājā. Šajā laikā tā spožums būs +1^m,3 un tas būs redzams rītos, vairākas stundas pirms Saules lēkta dienvidaustrumu pusē.



1. att. Eklīptika un planētas 2017./18. gada ziemā.

Janvāra beigās Marsš ieies Skorpiona zvaigznājā, bet jau 9. februārī pāries uz Čūskeņa zvaigznāju, kur tas atradīsies līdz 12. martam. 12. martā Marsš ieies Strēlnieka zvaigznājā un tur būs līdz pat ziemas beigām.

Lai arī Marsa elongācija visu laiku palielināsies, tomēr novērošanas apstākļi neuzlabosies – laika intervāls starp Marsu un Saules lēkmiem pat samazināsies. Vienīgi tā redzamais spožums pamazām palielināsies – februāra vidū $+1^m,0$ un pašās ziemas beigās $+0^m,5$.

11. janvārī plkst. 14^h Mēness paies garām $3,5^\circ$ uz augšu, 9. februārī plkst. 8^h $3,5^\circ$ uz aug-

šu un 10. martā plkst. 2^h 3° uz augšu no Marsa.

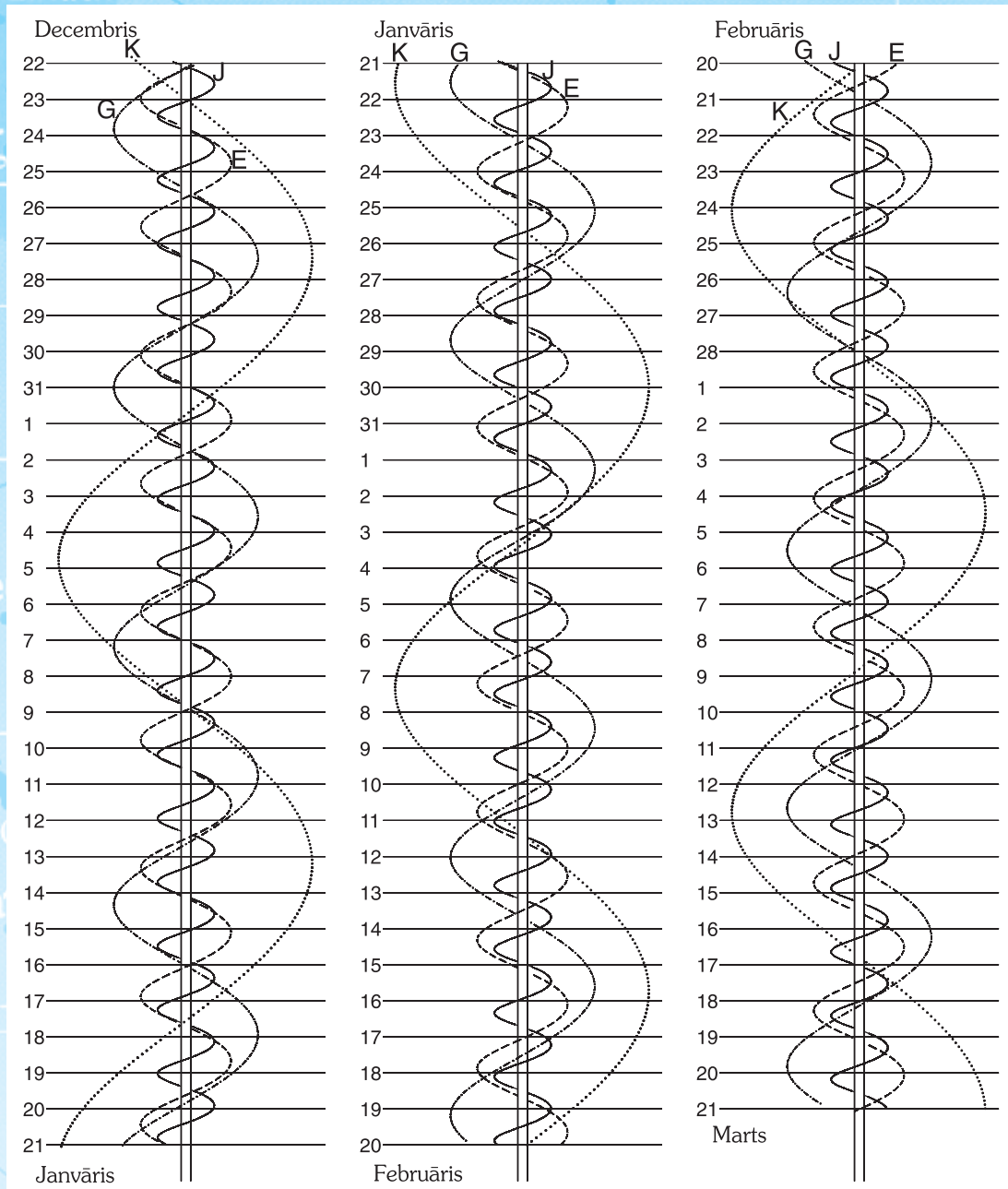
Pašā ziemas sākumā un janvārī **Jupiters** būs novērojams vairākas stundas pirms Saules lēkta un tā spožums būs $-1^m,9$.

Februārī tas būs ļoti redzams nakts otrajā pusē. Jupitera spožums februāra vidū būs $-2^m,1$.

Ziemas beigās tas būs ļoti ļoti novērojams lielāko nakts daļu, izņemot vakara stundas. Jupitera spožums tad sasniegs $-2^m,3$.

Visu ziemu tas atradīsies Svaru zvaigznājā.

11. janvārī plkst. 10^h Mēness paies garām 3° uz augšu, 7. februārī plkst. 23^h 3° uz augšu



2. att. Jupitera spožāko pavadoņu redzamība 2017./18. gada ziemā. Jo (J), Eiropa (E), Ganimēds (G), Kallisto (K). Austrumi attēlā atrodas *pa labi*, rietumi – *pa kreisi*.

un 7. martā plkst. 10^h 3^m uz augšu no Jupitera.

Jupitera spožāko pavadoņu redzamība 2017./18. g. ziemā parādīta 2. attēlā.

Pašā ziemas sākumā un janvāra pirmajā pusē **Saturns** praktiski nebūs redzams. Sākot apmēram ar janvāra vidu un februārī tas būs novērojams nakts rīta pusē, neilgu laiku pirms Saules lēkta. Planētas redzamības apstākļi visu laiku uzlabosies – martā tas būs redzams nepilnas trīs stundas pirms Saules lēkta. Saturna spožums ziemas beigās sasniegs +0^m.6.

Visu ziemu Saturns Strēlnieka zvaigznājā.

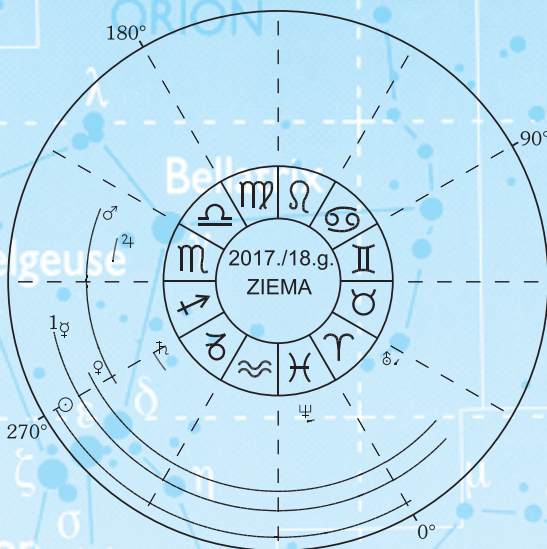
15. janvārī plkst. 3^h Mēness paies garām 2° uz augšu, 11. februārī plkst. 16^h 1,5° uz augšu un 11. martā plkst. 4^h 1,5° uz augšu no Saturna.

Ziemas sākumā un janvārī **Urāns** būs novērojams nakts pirmajā pusē, dienvidrietumu, rietumu pusē. Tā spožums šajā laikā būs +5^m.8. Februārī un martā, līdz pat ziemas beigām, tas būs redzams vakaros.

Visu ziemu Urāns atradīsies Zivju zvaigznājā.

27. decembrī plkst. 22^h Mēness paies garām 5° uz leju, 24. janvārī plkst. 6^h 5° uz leju, 20. februārī plkst. 13^h 5° uz leju un 19. martā plkst. 21^h 5° uz leju no Urāna.

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



3. att. Saules un planētu kustība zodiaka zīmēs.

☉ – Saule – sākuma punkts 22.12. 0^h, beigu punkts 21.03. 0^h (šie momenti attiecas arī uz planētām; simbolu novietojums atbilst sākuma punktam).

- ☿ – Merkurs, ♀ – Venēra,
- ♂ – Marss, ♃ – Jupiters,
- ♄ – Saturns, ♅ – Urāns,
- ♆ – Neptūns,

1 – 23.decembris 4^h.

MAZĀS PLANĒTAS

2017./18. gada ziemā opozīcijā vai tuvu opozīcijai, spožākas un ap +9^m būs piecas mazās planētas – Cerera (1), Vesta (4), Irīsa (7), Flora (8) un Massalia (20).

Cerera:

Datums	α_{2000}	δ_{2000}	Attālums no Zemes, a.v.	Attālums no Saules, a.v.	Spožums
22.12.	9 ^h 35 ^m	+24°55'	1,826	2,585	7,6
1.01.	9 33	+26 06	1,736	2,581	7,4
11.01.	9 29	+27 27	1,666	2,577	7,2
21.01.	9 21	+28 50	1,621	2,574	7,0
31.01.	9 13	+30 06	1,602	2,571	6,9
10.02.	9 03	+31 07	1,611	2,568	7,0
20.02.	8 54	+31 48	1,647	2,566	7,2
2.03.	8 47	+32 05	1,707	2,564	7,4
12.03.	8 43	+32 02	1,787	2,562	7,6

Vesta:

Datums	α_{2000}	δ_{2000}	Attālums no Zemes, a.v.	Attālums no Saules, a.v.	Spožums
22.12.	15 ^h 08 ^m	-12°03'	2,827	2,203	7,9
1.01.	15 28	-13 16	2,736	2,196	7,9
11.01.	15 47	-14 20	2,638	2,190	7,8
21.01.	16 06	-15 14	2,534	2,184	7,8
31.01.	16 25	-15 58	2,425	2,178	7,7
10.02.	16 43	-16 33	2,312	2,173	7,6
20.02.	17 01	-16 58	2,196	2,169	7,5
2.03.	17 17	-17 15	2,078	2,165	7,4
12.03.	17 32	-17 25	1,959	2,161	7,3

Irisa:

Datums	α_{2000}	δ_{2000}	Attālums no Zemes, a.v.	Attālums no Saules, a.v.	Spožums
22.12.	1 ^h 59 ^m	+15°30'	1,114	1,845	8,3
1.01.	2 09	+15 26	1,209	1,853	8,5
11.01.	2 21	+15 40	1,311	1,862	8,8
21.01.	2 35	+16 08	1,420	1,874	9,0
31.01.	2 51	+16 46	1,533	1,887	9,2

Flora:

Datums	α_{2000}	δ_{2000}	Attālums no Zemes, a.v.	Attālums no Saules, a.v.	Spožums
22.12.	7 ^h 05 ^m	+20°00'	1,032	1,998	8,5
1.01.	6 54	+20 58	1,032	2,014	8,2
11.01.	6 42	+21 54	1,057	2,031	8,5
21.01.	6 33	+22 45	1,107	2,049	8,8
31.01.	6 26	+23 28	1,179	2,066	9,1

Massalia:

Datums	α_{2000}	δ_{2000}	Attālums no Zemes, a.v.	Attālums no Saules, a.v.	Spožums
22.12.	5 ^h 37 ^m	+22°09'	1,094	2,076	8,5
1.01.	5 27	+22 02	1,114	2,072	8,8
11.01.	5 19	+21 56	1,158	2,069	9,1
21.01.	5 15	+21 54	1,222	2,067	9,3

APTUMSUMI**Pilns Mēness aptumsums 31. janvārī.**

Šis aptumsums būs redzams Āzijā, Austrālijā, Klusajā okeānā, Ziemeļamerikā. Aptumsuma maksimums plkst. 15^h30^m (pēc Latvijas laika), kad pilnās fāzes lielums būs 1,316.

Latvijā būs redzamas aptumsuma beigas.

Aptumsuma gaita pie mums būs šāda:

Maksimālās fāzes (1,316) brīdis – 15^h30^m,

Pilnās fāzes beigas – 16^h08^m,

Saules riets Rīgā – 16^h50^m,

Mēness lēkts Rīgā – 16^h51^m,

Daļējās fāzes beigas – 17^h11^m,

Pusēnas fāzes beigas – 18^h08^m.

Daļējs Saules aptumsums 15. februārī.

Šis aptumsums būs redzams Klusā okeāna dienvidos, Čīlē, Argentīnā un Antarktīdā. Latvijā aptumsums nebūs redzams.

MĒNESS

Mēness perigejā un apogejā.

Perigejā: 1. janvārī plkst. 23^h; 30. janvārī plkst. 11^h; 27. februārī plkst. 16^h.

Apogejā: 15. janvārī plkst. 4^h; 11. februārī plkst. 16^h; 11. martā plkst. 11^h.

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

23. decembrī 16^h42^m Zivīs (♈)

26. decembrī 2^h27^m Aunā (♈)

28. decembrī 8^h24^m Vērsī (♉)

30. decembrī 10^h31^m Dvīņos (♊)

1. janvārī 10^h11^m Vēzī (♋)

3. janvārī 9^h23^m Lauvā (♌)

5. janvārī 10^h13^m Jaunavā (♍)

7. janvārī 14^h15^m Svaros (♎)

9. janvārī 22^h06^m Skorpionā (♏)

12. janvārī 9^h05^m Strēlniekā (♐)

14. janvārī 21^h43^m Mežāzī (♑)

17. janvārī 10^h32^m Ūdensvīrā (♒)

19. janvārī 22^h27^m Zivīs

22. janvārī 8^h28^m Aunā

24. janvārī 15^h40^m Vērsī

26. janvārī 19^h40^m Dvīņos

28. janvārī 20^h59^m Vēzī

30. janvārī 20^h53^m Lauvā

1. februārī 21^h14^m Jaunavā

3. februārī 23^h48^m Svaros

6. februārī 5^h57^m Skorpionā

8. februārī 15^h54^m Strēlniekā

11. februārī 4^h22^m Mežāzī

13. februārī 17^h12^m Ūdensvīrā

16. februārī 4^h42^m Zivīs

18. februārī 14^h05^m Aunā

20. februārī 21^h12^m Vērsī

23. februārī 2^h08^m Dvīņos

25. februārī 5^h07^m Vēzī

27. februārī 6^h42^m Lauvā

1. martā 7^h58^m Jaunavā

3. martā 10^h21^m Svaros

5. martā 15^h24^m Skorpionā

8. martā 0^h03^m Strēlniekā

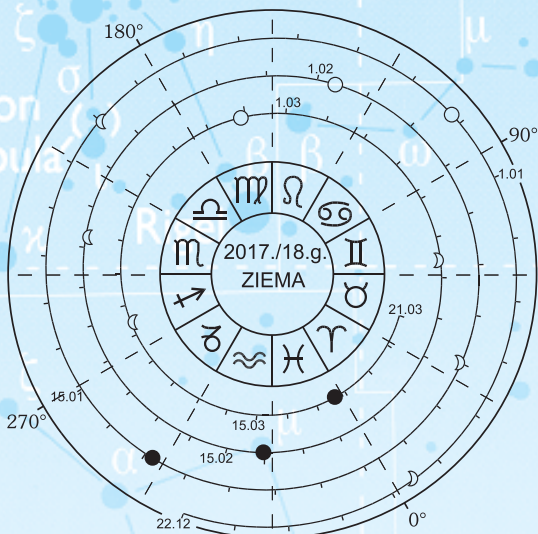
10. martā 11^h53^m Mežāzī

13. martā 0^h45^m Ūdensvīrā

15. martā 12^h13^m Zivīs

17. martā 20^h58^m Aunā

20. martā 3^h07^m Vērsī



4. att. Mēness kustība zodiaka zīmēs.

Mēness kustības treka iedaļa ir viena diennakts.

Jauns Mēness ● : 17.janvārī 4^h17^m; 15.februārī 23^h05^m; 17.martā 15^h12^m.

Pirmais ceturksnis ☽ : 26.decembrī 11^h20^m; 25.janvārī 0^h20^m; 23.februārī 10^h09^m.

Pilns Mēness ○ : 2.janvārī 4^h24^m; 31.janvārī 15^h27^m; 2.martā 2^h51^m.

Pēdējais ceturksnis ☾ : 9.janvārī 0^h25^m; 7.februārī 17^h54^m; 9.martā 13^h20^m.

Mēness aizklāj spožākās zvaigznes:

Datums	Zvaigzne	Spožums	Aizklāšana	Atklāšana	Mēness augstums	Mēness fāze
30.12.2017.	γ Tau	3 ^m ,7	19 ^h 30 ^m	20 ^h 27 ^m	39° – 45°	92%
31.12.2017.	α Tau (Aldebarans)	0 ^m ,9	3 ^h 14 ^m	4 ^h 08 ^m	23° – 16°	93%
8.02.2018.	γ Lib	3 ^m ,9	5 ^h 35 ^m	6 ^h 53 ^m	17° – 18°	45%
23.02.2018.	α Tau (Aldebarans)	0 ^m ,9	19 ^h 12 ^m	20 ^h 19 ^m	49° – 46°	54%

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

METEORI

Ziemā ir novērojama viena stipra meteoru plūsma – **Kvadrantīdas**. Tās aktivitātes periods ir laikā no 28. decembra līdz 12. jan-

vārim. 2018. gadā maksimums gaidāms naktī no 3. uz 4. janvāri. Tad plūsmas intensitāte var sasniegt 120 meteorus stundā, lai arī iespējams tās svārstības intervālā no 60 līdz 200. D

PIRMO REIZI ZVAIGŽNOTAJĀ DEBESĪ

Aleksandrs Sorokins: absolvējis (2008) Rīgas 34. vidusskolu, pēc tam studējis Latvijas Universitātes Fizikas un matemātikas fakultātē, kur ieguvis bakalaura un maģistra grādu fizikā. Studiju laikā LU Cietvielu fizikas institūtā nodarbojies ar materiālzinātnes problēmām. Pabeidzot (2013) magistrantūru, aizbraucis uz Berlīnes Tehnisko universitāti, kur saņēmis (2016) doktora grādu dabaszinātnēs ar pamatievirzienu kvantu un topoloģiskajās fāzu pārejās kompleksās sistēmās. Pašlaik strādā par programmētāju kompānijā, kas nodarbojas ar runas neverbālo raksturojumu pēfīšanu.



Kirils Surovovs: absolvējis (2010) Rīgas Ostvalda vidusskolu, ieguvis fizikas maģistra grādu (2015) Latvijas Universitātē. No 2013. g. strādā kristālu audzēšanas modelēšanas grupā LU Vides un tehnoloģisko procesu matemātiskās modelēšanas laboratorijā. Tagad studē fizikas doktorantūrā, darba vadītājs – Dr. phys. Jānis Virbulis. Nodarbojas galvenokārt ar kausējuma plūsmas un piemaisījumu transporta modelēšanu. Dažus gadus piedalās Fizikas valsts olimpiāžu (VFO) un Latvijas atklāto fizikas olimpiāžu (LAFO) organizēšanā.

Vents Valle: absolvējis (2007) Āgenskalna Valsts ģimnāziju. Bakalaura grādu fizikā ieguvis (2010) Latvijas Universitātē, taču maģistra grāds fizikā iegūts (2014) Rostokas universitātē, Vācijā. Piedalījies pētījumos, kas saistīti ar spektroskopiju atomāros kūļos, virsmas zinātni un atomspēku mikroskopiju, kā arī elektronu transportu atdzesētos silīcija kristālos. Brīvos brīžos līdzdarbojas fizikas interešu izglītībā (LAFO, JFS, VFO).



A P T A U J A par Zvaigžņoto Debesi un Astronomisko kalendāru

2018. gadā "ZvD" nāks klajā jau 60. gadu. Šī notikuma sakarā redakcijas kolēģija lūdz lasītājus izteikt savu viedokli (ierosinājumus), jo tikai no lasītājiem būs atkarīgs, vai "ZvD" pastāvēs arī pēc 60. gadskārtas sasniegšanas

1. Jūsprāt interesantākie raksti (autori):

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

2. Kuras izdevuma nodaļas patika vislabāk?

- Apspriedes un sanāksmes Atklājumi Atskatoties pagātnē
 Gadalaika astronomiskās parādības Kosmosa pētniecība un apgūšana
 Kosmosa tēma mākslā Latvijas zinātnieki
 Pirms 40 gadiem Zvaigžņotajā debesī
 citas _____

3.1. Kā vērtējat Astronomisko kalendāru?

- Ļoti noderīgs Noderīgs Reizēm ieskatos Izmantoju ļoti reti
 Neizmantoju

3.2. Kādas ziņas no Astronomiskā kalendāra izmantojat?

- Saules un Mēness aptumsumi Ikmēneša astronomiskās parādības
 Saules lēkti, rieti, koordinātas Saules kulminācija Mēness lēkti, rieti, koordinātas
 Nautiskā, astronomiskā krēsla Planētu redzamība Zvaigžņu laiks
 Latviskās gadskārtas notikumi
 citas _____

4. Kā, jūsprāt, būtu svinama "ZvD" 60. gadskārtā:

- Neīkot neko
 Ar lasītāju konferenci – labprāt sagatavotu ziņojumu par "ZvD" publicētu tēmu, kas ir atstājusi iespaidu
 Satiktos ar "ZvD" rakstu autoriem (kādiem?) _____

 Apmeklētu atbildīgo redaktoru Jāņa Ikaunieka (Baldones Riekstukalnā) un Artura Balklava (Rīgā, Mafisa kapos) atdusas vietas
 Citas ierosmes (kādas) _____

Vai Jūs piedalītos pasākumā:

- Svētdien, **23. septembrī**
 Citā dienā (kādā?) _____

CONTENTS

“ZVAIGŽNOTĀ DEBESS” FORTY YEARS AGO *I.Vilka*. Starry Sky and Birds' Journeys (*abridged*). *N.Cimahoviča*. Spirals of Saturn's Rings (*abridged*). *I.Šmelds*. V Readings of Friedrich Zander. **DEVELOPMENTS in SCIENCE** *K.Schwartz*. Most Distant Galaxy Clusters and 3D Structure of the Universe. **DISCOVERIES** *M.Gills*. The Day when Multi-Messenger Astronomy Was Announced. *I.Pundure*. ESO Telescopes and Hubble Observe the Source of Gravitational Waves for the First Time. *I.Eglītis*. Asteroid “Balklavs”. **SPACE RESEARCH and EXPLORATION** *R.Misa*. Mission of Cassini – Discoveries to the Very End. *J.Jaunbergs*. The Icy World Tethys. **OBSERVATORIES and INSTRUMENTS** *M.Gills*. The Giant Radio Telescope Withstands the Hurricane. **CONFERENCES and MEETINGS** *J.Kalvāns*. IAU Symposium 332 in Chile. *V.Beldavs*. EPSC2017 Session “International Lunar Decade”. **EARTH and COSMOS** *J.Kuzmanis*. Uranium and Evolution of Universe. **LATVIAN SCIENTISTS** List of Publications by Professor Andrejs Alksnis (*continuation*). **FLASHBACK** *J.Jaunbergs*. The F-1 Engines of Saturn V – Today and 50 Years Ago. **For SCHOOL YOUTH** *K.Surovov, V.Valle, A.Sorokin, J.Timošenko, D.Docenko, A.Cēbers, D.Bočarov*. Latvia's 42nd Open Olympiad in Physics. **GREAT AMERICAN SOLAR ECLIPSE 2017** *M.Gills*. Solar Eclipse Observations on the Good Land. *A.Zalcmane*. On the Way to the Great American Eclipse. **For AMATEURS** *M.Keruss*. 18th Amateur Astronomer's Gathering in Starspace Observatory. **CHRONICLE** *I.Eglītis*. Annual Report 2016 of the LU Institute of Astronomy (*concluded*). *J.Kauliņš*. **ASTRONOMICAL PHENOMENA** in Winter of 2017/18. **Supplement: Astronomical Phenomena and Planet Visibility in 2018: A Complex Diagram** (*compiled by J.Kauliņš*)

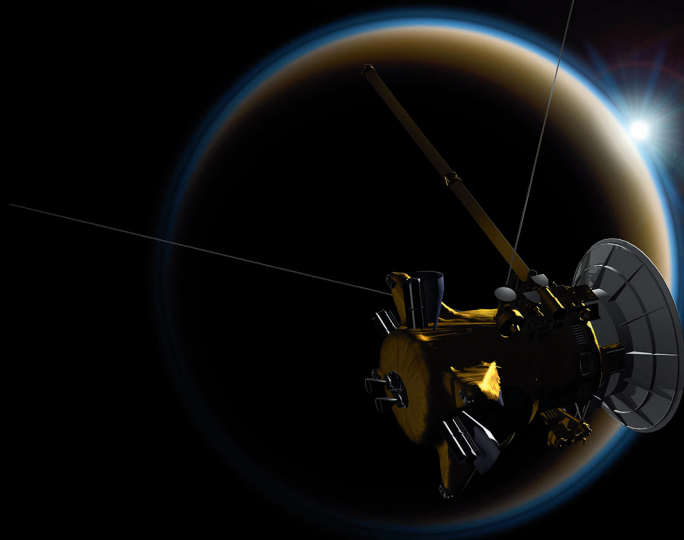
СОДЕРЖАНИЕ (№238, Зима, 2017/18)

В «ZVAIGŽNOTĀ DEBESS» 40 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД Звёздное небо и путешествия птиц (по статье И.Вилки). Спирали колец Сатурна (по статье Н.Цимахович). В чтения Фридриха Цандера (по статье И.Шмелда). **ПОСТУПЬ НАУКИ** К.Шварц. Скопления галактик и трёхмерная структура Вселенной. **ОТКРЫТИЯ** М.Гиллс. День объявления многоволновой (*multi-messenger*) астрономии. И.Пундуре. Телескопы ESO и телескоп Хаббла впервые наблюдают источник гравитационных волн. И.Эглитис. Астероид «Balklavs». **ИССЛЕДОВАНИЕ и ОСВОЕНИЕ КОСМОСА** Р.Миса. Миссия Cassini – открытия до самого конца. Я.Яунбергс. Ледяной мир Тетфия. **ОБСЕРВАТОРИИ и ИНСТРУМЕНТЫ** М.Гиллс. Огромный радиотелескоп выдерживает ураган. **КОНФЕРЕНЦИИ и СОВЕЩАНИЯ** Ю.Калванс. 332-й симпозиум Международного астрономического союза в Чили. В.Белдавс. Сессия «International Lunar Decade» конгресса EPSC2017. **ЗЕМЛЯ и КОСМОС** Я.Кузманис. Уран и эволюция Вселенной. **УЧЁНЫЕ ЛАТВИИ** Список научных работ проф. Андреяса Алксниса (продолж.). **ОГЛЯДЫВАЯСЬ в ПРОШЛОЕ** Я.Яунбергс. Двигатели F-1 ракеты Saturn V как археологические экспонаты. **Для ШКОЛЬНОЙ МОЛОДЁЖИ** К.Суровов, В.Валле, А.Сорокин, Я.Тимошенко, Д.Доценко, А.Цеберс, Д.Бочаров. Латвийская 42-я открытая олимпиада по физике. **БОЛЬШОЕ АМЕРИКАНСКОЕ СОЛНЕЧНОЕ ЗАТМЕНИЕ 2017 ГОДА** М.Гиллс. Наблюдения солнечного затмения на хорошей земле. А.Залцмане. Наблюдения полного солнечного затмения в Америке. **ЛЮБИТЕЛЯМ** М.Кэрусс. 18-й слёт любителей астрономии в обсерватории Starspace. **ХРОНИКА** И.Эглитис. Отчёт о деятельности Института астрономии ЛУ за 2016 год (окончание). Ю.Каулиньш. **НЕБЕСНЫЕ СВЕТИЛА** зимой 2017/18 года. Приложение: **Астрономические явления и Диаграмма видимости планет в 2018 году** (составитель Ю.Каулиньш)

THE STARRY SKY, No. 238, WINTER 2017/18
Compiled by Irena Pundure
“Mācību grāmata”, Rīga, 2017
In Latvian

ZVAIGŽNOTĀ DEBESS, 2017./18. GADA ZIEMA
Reģ. apl. Nr. 0426
Sastādījusi Irena Pundure
© Apgāds “Mācību grāmata”, Rīga, 2017
Redaktore Anita Bula
Datorsalicējs Jānis Kuzmanis

ZVAIGŽNOTĀ DEBESS



ISSN 0135-129X



9 770135 129006

Cena 3,00 €

Cassini novēro Saulrietu uz Tiāna (*mākslinieka atveidojums*). Izmantojot Cassini vizuālās un infrasarkanās kartēšanas spektrometra (*Visual and Infrared Mapping Spectrometer*) savāktos datus Tiāna saulrietu novērošanas laikā, pētnieki izveidoja Tiāna mākslīgo spektru it kā tas kā planēta šķērsotu tālas zvaigznes veidolu. Pēfijums palīdz zinātniekiem labāk izprast citplanētu ar miglainām atmosfērām novērojumus.

NASA/JPL-Caltech attēls, 27.V 2014.

Sk. Misa R. Cassini misija – atklājumi līdz pašām beigām.