

Zvaigžņotā DEBESS

2023
VASARA

Startē VISU LAIKU
lielākā rakete

Tumšo miglāju
MĪKLAS

LATVIJAS studenti
kosmosa
nometnēs

ĀTRĀ PALĪDZĪBA
kosmosā

Izdevējs



LATVIJAS
UNIVERSITĀTE

Einšteins var
neuztraukties

16. lpp.



Iesaisties magnētiskā lauka
mērīšanā!

39. lpp.



Satelīts no koka?

36. lpp.

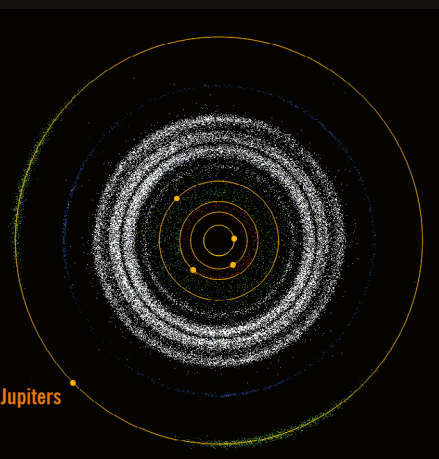
Astronomijas amatieru ražīgā
ziema

44. lpp.



Kā asteroīds aizklāja zvaigzni

40. lpp.



Atceroties astronomu
Matīsu Dīriki

52. lpp.

ZVAIŽŅOTĀ DEBESS

2023. GADA VASARA (260)

Izdevējs:



LATVIJAS
UNIVERSITĀTE

Dibinātājs: Latvijas Zinātņu akadēmijas
Astrofizikas laboratorija (1958).

Zvaigžņotā Debess ir populārzinātnisks
izdevums par astronomiju.

Iznāk četras reizes gadā. Žurnālā tiek sniegta
informācija par astronomijas un kosmonautikas
sasniegumiem, tas piedāvā jaunākās ziņas par
Saules sistēmu un citplanētām, par zvaigznēm,
galaktikām un Visuma uzbūvi, kā arī stāsta
par orbitālajiem un virszemes teleskopiem un
kosmiskajiem aparātiem.

Redakcijas kolēģija:

Galvenais redaktors

Dr. paed. Ilgonis Vilks,

galvenā redaktora vietnieks

Dr. sc. comp. Mārtiņš Gills,

Anna Gintere,

Dr. sc. ing. Jānis Kaminskis,

Mg. sc. comp. Raitis Misa,

PhD Artūrs Vrubļevskis,

Mg. paed. Ieva Zārāne,

Vents Zvaigzne.

Maketētāja: Baiba Lazdiņa

Literārais redaktors: Oskars Lapsiņš

Žurnāls sagatavots:

Latvijas Universitātes

Akadēmiskajā apgādā

Tālrunis: 67034889

E-pasts: apgads@lu.lv

Iespiests: SIA Latgales drukā

Vietne un digitālais arhīvs:

www.lu.lv/zvd

Uz 1. vāka: Džeimsa Veba kosmiskais
teleskops sekmīgi darbojas jau gadu. Šajā laikā
tas ir paspējis pārlūkot daudzus populārus un
pētniecībai nozīmīgus debess objektus. Attēlā,
kas uzņemts ar tuvā infrasarkanā diapazona
kameru *NIRCam*, redzami t. s. Radīšanas
pilāri – izteiksmīga Ērgļa miglāja daļa, kas
atrodas Čūskas zvaigznājā.

NASA, ESA, CSA, STScI

Uz 4. vāka: Aptuveni šādu ainu ieraudzīs
2023. gada aprīlī no Zemes startējusi Eiropas
Kosmosa aģentūras zonde JUICE, kad tā pēc
astoņiem gadiem ieradīsies Jupitera sistēmā.
Vairāk par zondi lasiet šajā žurnāla numurā.
ESA

SATURS

AKTUĀLI

Jaunumi īsumā. *Ilgonis Vilks* 2

Studentu pieredze Eiropas Kosmosa aģentūras
nometnēs. *Aija Monika Vainiņa* 6

VISUMA IZPĒTE

Molekulāro miglāju mīklas. *Kristaps Veitners* 8

ZINĀTNES SLEJA

Einšteina paredzētie, bet tikai nesen ieraudzītie
gravitācijas viļņi. *Mārcis Auziņš* 16

OLIMPISKAIS IZAICINĀJUMS

Kosmiskās misijas. *Māris Krastiņš* 21

SAULES SISTĒMA

JUICE dodas ceļā. *Mārtiņš Gills* 22

KOSMISKIE LIDOJUMI

Ārkārtas medicīna kosmosā. *Anna Gintere* 24

SpaceX Starship izmēģinājuma lidojums.
Raitis Misa 30

INTERESANTI

Koks pavadoņu būvē. *Raitis Misa* 36

MOBILĀ LIETOTNE

Zemes magnētiskais lauks ar *CrowdMag*.
Jānis Kaminskis 39

AMATIERU ASTRONOMIJA

Asteroīds *Virtus* aizklāj zvaigzni. *Juris Seņņikovs* 40

Komēta lietpratējiem. *Mārtiņš Gills* 44

ASTROVIETA

Astronomiskā navigācija un planetārijs
Lisabonā. *Dainis Draviņš* 47

FOTOSTĀSTS

Pārsteidzošā mazo ciematu burvība. *Juris Klimans* 48

TAS IR FAKTS

Atpazīt molekulas Saules sistēmas nostūros
Artūrs Vrubļevskis 50

ATSKATS VĒSTURĒ

Matisam Dīriķim – 100. *Ilgonis Vilks* 52

DEBESS APSKATS

Debess spīdekļi 2023. gada vasarā. *Juris Kauliņš* 60



ESO/L. Calçada, M. Kornmesser

Ķīmiskie elementi tālajā gāzes mākonī. Zīmējums

Jaunumi īsumā

PIRMO ZVAIGŽŅU “FOSILIJAS”

Kā izpētīt pirmās paaudzes zvaigznes, kuru Visumā sen vairs nav? Pareizi – pēc to “fosilijām”. Uzskata, ka pirmās paaudzes zvaigznes sastāvēja gandrīz tikai no ūdeņraža un hēlija, bija masīvas un eksistēja neilgu laiku. Evolūcijas gaitā tās saražoja smagākus ķīmiskos elementus un beidza dzīvi pārnovu sprādzienos. Kaut arī pašu zvaigžņu vairs nav, kosmosā ir palikuši sprādzienos izsviesti ķīmiskie elementi. Astronomi

vērtē, ka daudzi sprādzieni nebija pietiekami spēcīgi, lai izsviestu dzelzi, kas veidojās tikai zvaigžņu kodolos, tāpēc meklē objektus, kuru sastāvā ir salīdzinoši daudz oglekļa, skābekļa, magnija un citu ķīmisko elementu, bet maz dzelzs. Mūsu Galaktikā ir atrastas nelielas masas, tād – ilgi dzīvojošas otrās paaudzes zvaigznes ar šādu ķīmisko sastāvu. Astronomi Florences Universitātes doktorantūras studenta Andrea Sakardi (*Saccardi*) vadībā,

novērojot ar Eiropas Dienvidu observatorijas VLT teleskopu, pirmo reizi atrada trīs ļoti tālus gāzu mākoņus, kuros ir daudz oglekļa un citu ķīmisko elementu, bet maz dzelzs. Lai iegūtu mākoņu spektrus, kā gaismas avotus viņi izmantoja tālus kvazārus, kuru gaisma spīdēja cauri mākonim. Novērojums attiecas uz laiku, kad Visuma vecums bija 1,5–2 miljardi gadu. Šie gāzes mākoņi dod iespēju netieši pētīt pirmās paaudzes zvaigznes. 🦋

ORGANISKAIS “BULJONS” NO ASTEROĪDA

2020. gada beigās Japānas kosmosa aģentūras zonde *Hayabusa 2* atveda uz Zemi paraugus no Zemei tuvā asteroīda Rjūgū (162173 *Ryugu*). Materiāla gan nebija daudz, tikai 5,4 gramu, tāpēc ar to rīkojās taupīgi. Nelielas porcijas pa apmēram 30 miligramiem nodeva izpētei laboratorijās Japānā, ASV un Eiropā. Nu ir zināmi organisko vielu analīzes rezultāti. Paraugos atrastas tā sauktās prebiotiskās organiskās molekulas, kas var rasties arī ar dzīvību nesaistītos ķīmiskos procesos. Starp tām ir molekulas, kas veidojas šķidra

ūdens klātbūtnē, – policikliskie aromātiskie ogļūdeņraži un dažādas organiskās skābes. Atrastas 20 dažādas aminoskābes, tostarp dažas aminoskābes, kuras regulē ķīmiskās reakcijas dzīvās būtnēs un, piemēram, piedalās muskuļaudu veidošanā. 2023. gada martā zinātnieki paziņoja, ka paraugos konstatējuši uracilu un niacīnu (vitamīnu B3). Uracils ir viena no četrām nukleobāzēm, kas veido nukleīnskābi RNS. Pārējās trīs ir adenīns, citozīns un guanīns. Niacīns palīdz dzīvajām būtnēm pārvērst uzturvielas enerģijā, uzlabot holesterīna un lipīdu līmeņus, optimizēt hormonu ražošanu. Zinātnieki



Asteroīda paraugi tuvplānā

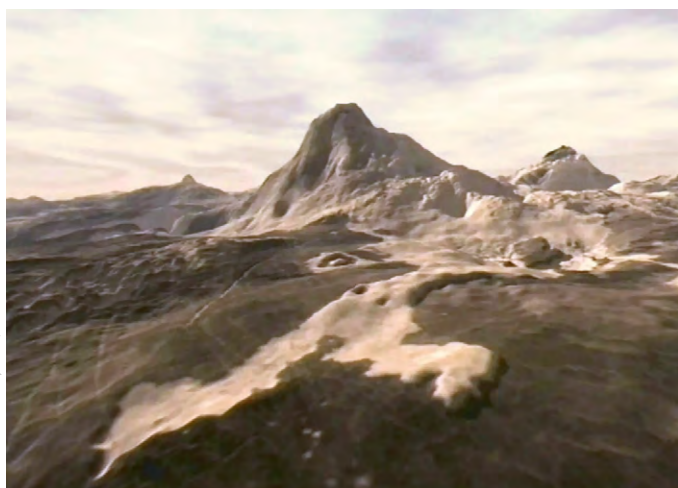
jau agrāk bija konstatējuši nukleobāzes un vitamīnus ar oglekli bagātīgos meteorītos, bet nebija droši, ka tas nav piesārņojums, kas iekļuvis meteorītos jau uz Zemes. 🍂

VENERAS VULKĀNI – BEIDZOT!

Astronomiskajos pētījumos noder arī agrāk iegūti attēli. Fērbenksas Ģeofizikas institūta profesors Roberts Heriks

(*Herrick*) pētīja Veneras kartes, kuras ar radara zondēšanas paņēmieni 20. gadsimta 90. gadu sākumā ieguva kosmiskais aparāts *Magellan*.

Tikai pēdējos desmit gados tās ir pieejamas pilnā izšķirtspējā un ērti analizējamas. Viņš rūpīgi aplūkoja divu lielāko Veneras vulkānu – Oza kalna un Maatas kalna – apkārtni. Uz Veneras netrūkst vulkānu izsviesto lavas straumju un plašu lavas lauku, taču vulkāni ir aktīvi darbojušies tālā pagātnē. Līdz šim nebija skaidru ziņu par pašreizējo vulkānisko aktivitāti uz Veneras, izņemot 2008. gada zondes *Venus Express* datus, ka abu kalnu apkaimē ir atsevišķi punkti, kas dažu dienu laikā būtiski izmaina savu temperatūru. Taču Veneras biežās mākoņu segas dēļ šie dati nebija viennozīmīgi interpretējami. Roberts Heriks 1991. gada Maatas kalna uzņēmumos atrada apaļu vulkānisku plaisu apmēram

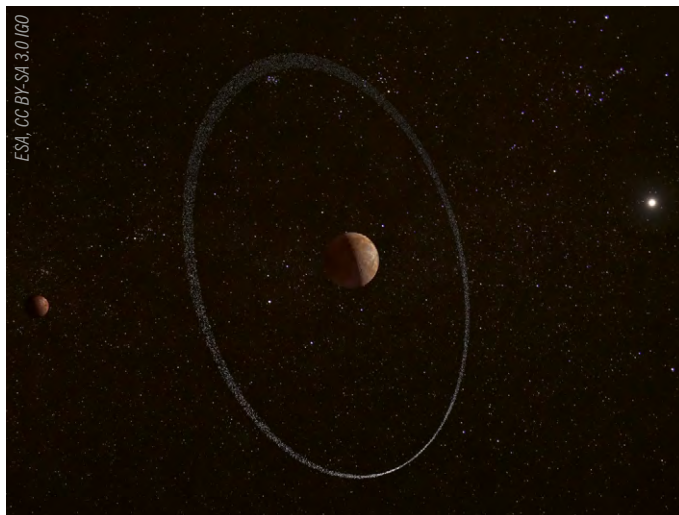


Maatas kalna trīsdimensiju attēls, kas veidots no Veneras uzmērījumiem ar radaru

1,5 kilometru diametrā, kas astoņu mēnešu laikā palielinās līdz 2 kilometriem un ieguva neregulāru formu. Plaisas sienas kļuva zemākas, un tā

aizpildījās gandrīz līdz augšai. Uz Zemes tā notiek, ja no plaisas izplūst lava vai magmas kustība zem plaisas izraisīta plaisas sienu sabrukšanu.

Nav izslēgts, ka plaisas izskatu izmainīja zemestrīce, taču arī zemestrīce ir laba norāde uz vulkānisko aktivitāti un magmas kustību pazemē. 🍌



Kvavara ārējais gredzens mākslinieka skatījumā. Pa kreisi Kvavara pavadonis Veivots, pa labi – Saule

KVAVARAM IR GREDZENS

Līdz šim bija zināmi divi “gredzenoti” Saules sistēmas mazie ķermeņi – pundurplanēta Haumeja un kentauris Hariklo. Nu tiem pievienojies trešais – pundurplanētas kandidāts Kvavars, kas atrodas aiz Neptūna orbītas

43 astronomisko vienību attālumā no Saules. Kvavara diametrs ir 1160 kilometri, 2007. gadā tam atklāja pavadoni Veivotu (*Weywot*). Izmantojot Eiropas Kosmosa aģentūras kosmisko aparātu *Cheops* un virszemes teleskopus, no 2018. līdz

2021. gadam astronomi novēroja, kā Kvavars aizklāj vairākas zvaigznes. Zvaigžņu spožums samazinājās ne tikai tad, ka tās aizklāja Kvavars, bet nedaudz arī pirms un pēc tam. Zinātnieki Bruno Morgado (*Morgado*, Riodežaneiro Federālā universitāte) vadībā secināja, ka Kvavaru apņem divi gredzeni. Ārējais atrodas 7,3 pundurplanētas rādiusu attālumā no tās, iekšējais – 4,5 rādiusu attālumā. Šis attālums ir pārsteidzoši liels. Roša robeža, kuras iekšienē parasti pastāv debess ķermeņu gredzeni, atrodas tuvāk pundurplanētai. Ārpus Roša robežas esošajam gredzenam dažu desmitu gadu laikā vajadzēja “savākties” kopā un izveidot nelielu pavadoni. Astronomi domā, ka Saules sistēmas ārējā daļā valdošās zemās temperatūras dēļ starp gredzena ledus daļiņām notiek elastīgas sadursmes, nevis salipšana, tāpēc gredzens saglabājas. 🍌

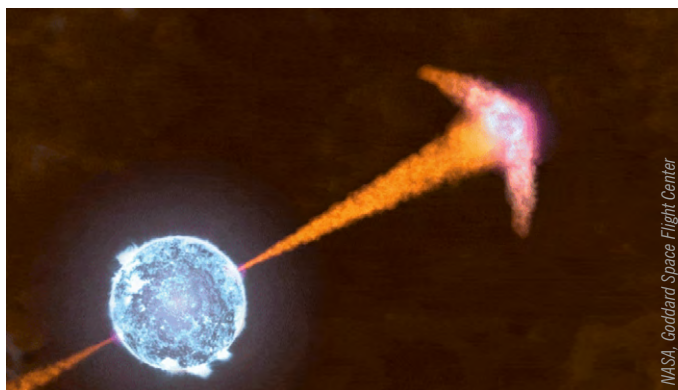
VISU LAIKU SPOŽĀKAIS GAMMA UZLIESMOJUMS

Kosmiskie teleskopi reģistrē gamma uzliesmojumus kopš 1967. gada, tomēr tie nav līdz galam izprasti. 2022. gada 9. oktobrī kosmiskais aparāts *Fermi*, kas uztver gamma

starojumu, un kosmiskais aparāts *Swift*, kas uztver rentģenstarojumu, Bultas zvaigznajā reģistrēja visu laiku spožāko gamma uzliesmojumu GRB 221009A, kas spožumā 50–70 reizi pārspēja iepriekšējo rekordistu. Tas

nāca no divus miljardus gaismas gadu liela attāluma un uzskatāms par relatīvi tuvu. Uzliesmojums pat nedaudz ietekmēja Zemes jonosfēru, liekot “sarosīties” lādēto daļiņu plūsmām. Pēc pašreizējiem zinātnes priekšstatiem,

notikumu ķēdīte ir šāda. Kad masīvas zvaigznes kodolā beidzas kodoldegviela, tas sabrūk zem sava svara un izveido melno caurumu. Ārpus tā esošās daļiņu strūklas gandrīz ar gaismas ātrumu izurbjas cauri sabrukušajai zvaigznei un izstaro rentgenstarojumu un gamma starojumu. Pēc tam strūklas saduras ar materiālu, kas ieskauj zvaigzni, un rada pēcspīdumu vairākos viļņu garumos, arī redzamo gaismu. GRB 221009A pēcspīdums pēc uzliesmojuma bija novērojams nedēļām ilgi. Kaut arī



NASA, Goddard Space Flight Center

Spožuma rekordists – gamma uzliesmojums GRB 221009A mākslinieka skatījumā

gamma uzliesmojumi paši par sevi ir viena no Visuma parādībām ar vislielāko enerģiju,

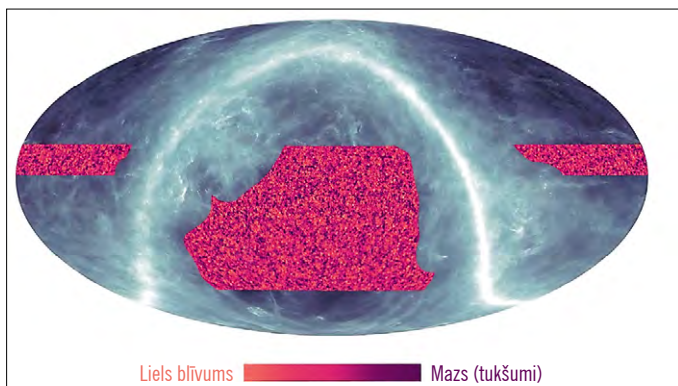
tik spēcīgs uzliesmojums statistiski notiek vienu reizi vairākos tūkstošos gadu. 🚀

KĀ KARTĒT NEREDZAMO?

Aptuveni 160 zinātnieku liela grupa veica kosmiskā mikroviļņu fona novērojumus ar Atakamas Kosmoloģijas teleskopu, kas darbojās no 2007. līdz 2022. gadam. Vienā no pētījumiem kosmiskā mikroviļņu fona starojumu izmantoja, lai atrastu tumšo matēriju galaktiku kopās. Ciktāl zināms, tumšā matērija, kuras masa vairākas reizes pārsniedz Visuma redzamās vielas masu, neizstaro gaismu. Tā mijiedarbojas ar “parasto” vielu tikai ar gravitācijas spēku. Galaktiku kopas un tumšā matērija kopā veido tādu kā mezglainu aizkaru, cauri kuram “spīd” kosmiskā mikroviļņu fona starojums. Tumšā un arī parastā matērija gravitācijas lēcas efekta ietekmē šo starojumu nedaudz novirza. Pēc novirzes iespējams spriest par tumšās matērijas

masas sadalījumu Visumā. Tas nav vienkāršs uzdevums, jo jāņem vērā paša kosmiskā mikroviļņu fona “raibums”, parastās vielas gravitācijas ietekme un starojuma absorbcija mūsu Galaktikā. Tomēr astronomiem izdevās radīt pašu detalizētāko tumšās matērijas karti, kas aptver ceturtdaļu debessuma. Kartes oranžajos apgabalos tumšās

matērijas ir visvairāk, violetajos apgabalos – vismazāk. Kartē redzamās tumšās matērijas struktūras ir simtiem miljonu gaismas gadu lielas. Baltā izliektā josla ir mūsu Galaktikas putekļi, kas slāpē kosmiskā mikroviļņu fona starojumu. Iegūtais tumšās matērijas masas sadalījums labi atbilst standarta Visuma evolūcijas modelim. 🗺️



ACT Collaboration

Tumšās matērijas karte, kas izveidota ar Atakamas Kosmoloģijas teleskopu



AIJA MONIKA VAINIŅA

ESA

Treniņnometnes dalībnieku kopējais foto

Studentu pieredze Eiropas Kosmosa aģentūras nometnēs

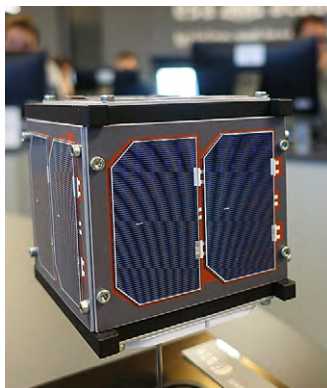
2022. GADĀ TRĪS LATVIJAS JAUNIEŠI NO RĪGAS TEHNISKĀS UNIVERSITĀTES (RTU) LIELJAUDAS RAĶEŠU KOMANDAS PIEDALĪJĀS EIROPAS KOSMOSA AĢENTŪRAS (EKA) ORGANIZĒTAJĀS TRENIŅNOMETNĒS.

Visi trīs studenti vienprātīgi atzīst, ka pieredze bijusi ļoti vērtīga – izdevies uzņemt kontraktus ar ārvalstu universitāšu studentiem un uzzināt daudz jauna par aktualitātēm, tehnoloģijām

un darbu kosmosa industrijā. EKA nometnes notiek visa gada garumā, nometņu dalībniekiem tiek segtas ceļošanas un dzīvošanas izmaksas.

RTU Mašīnzinību, transporta un aeronautikas fakultātes students Arvīds

Bāliņš četras nedēļas pavadīja EKA nometnē *CubeSat Summer School 2022*, kas notika Eiropas Kosmosa drošības un izglītības centrā (*European Space Security and Education Centre – ESEC*) Beļģijā. Nometne



ESA

CubeSat satelīta modelis

bija veltīta nanosatelītiem. Treniņnometnes dalībnieki, izmantojot lekcijās iegūtās zināšanas, projektēja Zemes novērošanas satelītu sistēmu, kas, uzņemot augstas kvalitātes fotogrāfijas, spētu konstatēt ugunsgrēkus.

Darbā tika izmantots īsts satelīta modelis. Tā izturību testēja iekārtās, kas imitē lidojuma apstākļus. Šādi testi palīdz saprast, vai satelīta prototips atbilst kosmiskā lidojuma prasībām. Termiskās noturības testā pārbauda, vai sistēma spēs netraucēti darboties vakuumā dažādos temperatūras režīmos. Vibrāciju tests vajadzīgs, lai pārlicinātos, vai sistēma izturēs apstākļus, kas valda raķetes lidojuma laikā. Daļā nometnes apmācību attālināti piedalījās arī RTU students Dairis Rihards Irbe.

RTU Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultātes studente Aija Monika Vainiņa Beļģijā piedalījās nedēļu ilgā apmācību kursā *Ladybird Guide to Spacecraft Operations Training Course*,

EKA APMĀCĪBAS PIEEJAMAS DAŽĀDU LĪMEŅU STUDENTIEM UN PEDAGOGIEM, DODOT IESPĒJU BAGĀTINĀT ZINĀŠANAS UN ATTĪSTĪT DOMĀŠANU, KAS NEPIECIEŠAMA, VEIDOJOT KARJERU KOSMOSA INDUSTRIJĀ.

kas veltīts problēmām, ar kurām saskaras operatori, vadot kosmiskos aparātus no Zemes stacijām. Šādu kursu apgūst arī paši EKA satelītu operatori. Kursā izklāstīja kosmisko aparātu uzbūvi un aplūkoja dažādu satelītu sistēmu darbību, piemēram, satelītu orientācijas, piedziņas un radio sakaru sistēmas. Nometnes dalībnieki apmeklēja EKA Redu bāzes staciju (*Redu Ground Station*).

EKA organizētās apmācības pieejamas dažādu līmeņu studentiem, absolventiem un pedagogiem, lai

bagātinātu zināšanas un attīstītu domāšanu, kas nepieciešama, veidojot karjeru kosmosa industrijā. Latvijas jaunieši norāda, ka uzņemšanai kursos noder iepriekšēja pieredze pētniecībā, praksē vai savu projektu veidošanā, piemēram, darbošanās RTU Lieljaudas raķešu komandā.

Latvija kopš 2009. gada ir pakāpeniski iesaistījusies EKA darbībā un 2020. gadā kļuvusi par EKA asociēto dalībvalsti. Šis statuss nozīmē to, ka Latvija finansiāli atbalsta EKA projektus un arī var tajos aktīvi iesaistīties. 🚀



Eiropas Kosmosa aģentūras Redu bāzes stacija

ESA

Molekulāro miglāju mīklas

Kosmosā, līnijā no Zemes līdz Galaktikas centram, ir mazāk atomu nekā gaisā vienu metru garā posmā

VIENI NO IESPAIDĪGĀKAJIEM VISUMA OBJEKTIEM IR MIGLĀJI – GRANDIOZAS STRUKTŪRAS, KAM RAKSTURĪGAS SPILGTAS KRĀSAS. TAČU NE MAZĀK INTERESANTI IR VIZUĀLI PIETICĪGĀKIE TUMŠIE MIGLĀJI.

STARPZVAIGŽŅU VIDE

Kad mēs domājam par starpzvaigžņu vidi, parasti iztēlojamies vakuumu. Pārvietojoties viena metra attālumā uz Zemes, mēs sastapsim vairāk gaisa molekulu nekā starpzvaigžņu vidē, aizceļojot līdz mūsu Galaktikas centram. Tātad starpzvaigžņu vides blīvums ir ārkārtīgi mazs. Tomēr tas nav vakuums, un starpzvaigžņu vide un tās sablīvējumi – miglāji – lielo izmēru dēļ ir svarīgi galaktiku un arī visa Visuma evolūcijā.

Mūsu Galaktikas starpzvaigžņu vide sastāv

galvenokārt no ūdeņraža (70%) un hēlija (28%). Pārējo ķīmisko elementu ir ļoti maz, tikai 1,5%, taču tiem ir būtiska nozīme, jo tie var veidot putekļus, kas gan veido tikai 1% starpzvaigžņu vides masas. Atšķiras arī starpzvaigžņu vides temperatūra. Tā var būt gan ļoti karsta

(aptuveni miljons grādu) un ļoti retināta, gan auksta (pāris desmiti grādu virs absolūtās nulles) un salīdzinoši blīva. Auksta vide veido tumšus molekulāros miglājus, kas aizpilda nelielu Galaktikas telpas daļu (līdz 1%), bet satur līdz 50% starpzvaigžņu gāzes masas.

”
STARPZVAIGŽŅU VIDE UN TĀS
SABLĪVĒJUMI – MIGLĀJI – LIELO IZMĒRU
DĒĻ IR SVARĪGI GALAKTIKU UN ARĪ VISA
VISUMA EVOLŪCIJĀ.

MIGLĀJU VEIDI

Par miglājiem sauc starp-
zvaigžņu vides apgabalus,
kuros ir vairāk par 100 ato-
miem kubikcentimetrā. Uz
Zemes virsmas vienā gaisa
kubikcentimetrā ir kvintil-
joni daļiņu, un pat simts ki-
lometru augstumā to skaits
ir mērāms miljardos.

Viens no zināmākajiem
miglāju veidiem ir H II apga-
bals – karstas, jonizētas gāzes
burbulis. Apzīmējums H II no-
zīmē, ka ūdeņradis tajā atrodas
jonizētā stāvoklī. H II apgaba-
lus sauc arī par **emisijas miglā-
ļiem**. Miglāja centrā atrodas
viena vai vairākas karstas lie-
las starждаudas zvaigznes, kas
izstaro ultravioleto starojumu.
Gāzes atomi absorbē zvaig-
znes ultravioleto starojumu,
un ūdeņradis tiek jonizēts –
zaudē elektronu. Pēc tam no-
tiek rekombinācija – atoma
kodola un elektrona atkal ap-
vienošanās. Elektrons atomā
pāriet no augstāka enerģijas
līmeņa uz zemāku līmeni un
izstaro gaismu. Visbiežāk no-
tiek pāreja no 3. uz 2. līmeni,
tajā rodas emisijas miglājiem
raksturīgā sarkanā gaisma.

**Atstarojošajos miglā-
jos** apkārtējo zvaigžņu staro-
jums nav pietiekams, lai jon-
izētu atomus un ierosinātu
starojumu. Tā vietā zvaigžņu
gaisma tiek atstarota un iz-
kliedēta, līdzīgi kā migla iz-
kliedē automašīnas lukturu
gaismu. Šo miglāju spektrs ir
ļoti līdzīgs apkārtējo zvaig-
žņu spektram, taču var būt
polarizēts, ja miglāja putek-
ļos ir niķelis, dzelzs vai daži
citi ķīmiskie elementi. Šajos



Visu trīs veidu miglāji vienkopus. Emisijas miglājs – augšā, atstarojošais miglājs –
lejā pa kreisi, tumšais miglājs – centrā

TUMŠIE MIGLĀJI IR VIENI NO
MĪKLAINĀKAJIEM DEBESS OBJEKTIEM, JO
IR ĀRKĀRTĪGI GRŪTI UZTVERT STAROJUMU,
KAS SNIEGTU INFORMĀCIJU PAR NORISĒM
TO CENTRĀ.

miglājos ūdeņradis paras-
ti ir neitrālu atomu formā.

Tumšo miglāju tuvumā
nav zvaigžņu, kas ierosinātu
gaismas izstarošanu vai at-
starošanu. Tumšajiem mig-
lājiem ir salīdzinoši liels blī-
vums, kas to iekšieni pasargā
no apkārtējo zvaigžņu staro-
juma. Zemā temperatūrā ato-
mi var apvienoties un veidot
ūdeņraža un citas molekulas.
Šobrīd tumšie miglāji ir vieni
no mīklainākajiem debess ob-
jektiem, jo to augstā blīvuma,
zemās temperatūras un efek-
tīvās starojuma bloķēšanas

dēļ ir ārkārtīgi grūti un bieži
vien neiespējami uztvert jeb-
kādu starojumu, kas sniegtu
informāciju par centrā eso-
šajām molekulām un tur no-
tiekošajiem procesiem.

MIGLĀJU NOVĒROŠANAS METODES

Mēģinājumi novērot tumšo
miglāju iekšieni apstājas jau
pašā sākumā – pie ūdeņraža
molekulu novērošanas prob-
lēmas. Atomu formā ūdeņradis
ir viegli novērot, jo tā elektro-
na spina (ko varētu iedomā-
ties kā elektrona griešanās



Daudz pētīts ir tumšais miglājs "Radiššanas pilāri". Džeimsa Veba teleskopa attēls vidējā infrasarkanajā diapazonā

“PA TIEŠO” NOVĒROT VISUMĀ VISPLAŠĀK SASTOPAMĀKO MOLEKULU – ŪDEŅRADI – IR GANDRĪZ NEIESPĒJAMI.

virzienu) maiņai nepieciešamā enerģija ir ļoti neliela un atbilst absolūtajai temperatūrai, kas ir mazāka par vienu grādu. Molekulārajam ūdeņradim iespējami trīs starojuma veidi – elektronu ierosināšanas, vibrācijas (kodola svārstību) un elektronu rotācijas. Rotācijas starojuma radīšanai nepieciešama enerģija ir viszemākā, tomēr tā ir vairākas reizes lielāka par tumšo miglāju siltumenerģiju temperatūrā, kas ir apmēram 10 grādi

virs absolūtās nulles. Vēl vairāk – šis starojums tā arī nerodas, jo to aizliedz kvantu mehānikas simetrijas likumi. Molekulu starojums iespējams pie daudz augstākas enerģijas, kas atbilst aptuveni

500 grādu absolūtajai temperatūrai. Taču tumšo miglāju apstākļos tas nozīmē, ka miglājā praktiski nav izstarot spējīgu ūdeņraža molekulu. Tātad novērot Visumā visplašāk sastopamāko molekulu "pa tiešo" ir gandrīz neiespējami.

Informāciju par molekulām var iegūt arī netieši. Tumšajos miglājos vienkāršā atradīšies dažādi putekļi – sākot ar dažu molekulu apvienojumu, beidzot ar objektiem, kuru izmēri sasniedz desmitdaļu milimetra. Šie putekļi izstaro siltumstarojumu, un to var uztvert ar teleskopiem, kas darbojas infrasarkanajā viļņu diapazonā. Ņemot vērā dažādu gāzes molekulu savstarpējo starojumu un modelējot putekļu koncentrāciju, optisko dziļumu un gāzu temperatūras-frekvences sakarību, var iegūt informāciju par miglāja kolonnas blīvumu un tajā esošo putekļu temperatūru un neaurredzamību. Kolonnas blīvums ir atomu vai molekulu skaits kolonnā, kas pa taisni šķērso miglāju gar teleskopa skata līniju, un to izsaka atomos uz kvadrātcentimetru. Vairāk datu var iegūt, veicot novērojumus dažādos viļņu garumos. 2009.–2013. gadā Heršela kosmiskā observatorija, kas darbojas vairākos viļņu garumos, nozīmīgi

JA TUMŠAJAM MIGLĀJAM CAURI SPĪD ZVAIGZNES, IESPĒJAMS IEGŪT KAUT KO LĪDZĪGU MIGLĀJA KARTEI.



Bārnarda 68 tumšajam miglājam malās cauri spīd fona zvaigznes

paplašināja mūsu zināšanas par tumšo miglāju īpašībām.

Miglāju novērojumos izmanto arī fona zvaigžņu starojuma absorbcijas mērījumus. Šī pieeja ir efektīvāka tādā ziņā, ka novērojamie viļņa garumi ir īsāki (gaisma, nevis infrasarkanais starojums), līdz ar to var iegūt labāku izšķirtspēju. Lai iegūtu fizikālo modeli, nav jāzina miglāja temperatūra, un ir vieglāk prognozēt miglāja neaurspīdīgumu. Tas kolonnas blīvuma iegūšanu padara vienkāršāku. Tomēr šī pieeja der tikai retinātiem

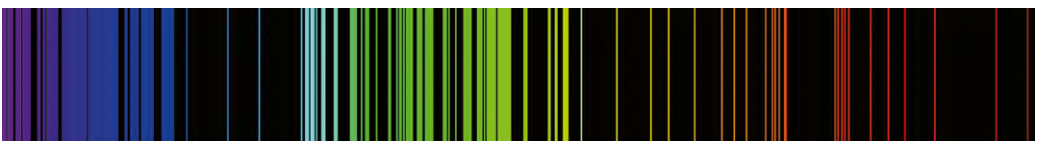
miglājiem, jo ļoti blīviem tumšajiem miglājiem zvaigznes cauri nespīd. Lai varētu iegūt kaut ko līdzīgu miglāja kartei, nepieciešami specifiski miglāji, kuru fona zvaigznes ir labi novērojamas. Šādas īpašības piemīt tikai dažiem miglājiem.

Sarežģītākais, bet informatīvākais novērojumu veids ir emisija molekulārajās spektrālīnijās, kad molekulas izstaro (emitē) gaismu ar noteiktu viļņa garumu, kas raksturīga visām šādām molekulām. Vienkāršākā spektrālīniju emisija iespējama

atomam vai molekulai, kurai ir tieši divi enerģijas stāvokļi. Starp šiem diviem stāvokļiem var notikt trīs pārejas – spontānā emisija, stimulētā emisija un absorbcija. Kosmiskajos apstākļos stimulētā emisija un absorbcija notiek vērā ņemamos apmēros tikai tad, ja miglājs ir neaursredzams un fotoni miglājā ir “ieslodzīti” vai pārejas enerģija ir pietiekami zema, lai to ierosinātu kosmiskā mikroviļņu fona starojuma enerģija.

Starpzvaigžņu vidē visbiežāk notiek spontānā emisija. Ja atoms vai molekula atrodas ierosinātā (augstākās enerģijas) stāvoklī, tā var spontāni zaudēt enerģiju (izstarot gaismu) un pāriet zemākajā enerģijas stāvoklī. Ja šis būtu vienīgais pārejas veids, visas molekulas ātri vien atgrieztos zemākajā enerģijas stāvoklī un starojumu vairs nevarētu novērot. Tomēr tumšajos miglājos pietiekami bieži notiek ierosinošas molekulu sadursmes.

Sadursmju biežuma modelēšana ir sarežģīta kvantu mehānikas problēma, jo jābalstās uz molekulu enerģijas līmeņiem, kas līdz galam nav zināmi, un jāņem vērā sadursmju dažādā enerģija un molekulu relatīvais ātrums un to orientācija, tāpēc bieži vien izmanto tuvinājumus.



Dzelzs atomu emisijas spektrs. Starojums rodas noteiktās spektrālīnijās

Molekulu sadursmju skaits ir atkarīgs no daļiņu koncentrācijas, bet spontānā emisija – nav. Tas nozīmē, ka, izmantojot spontāno emisiju, var iegūt informāciju par miglāja dažādu blīvumu apgabaliem. Blīvākos apgabalos molekulas sadursies biežāk un spektrālīnija būs spožāka nekā retinātākā miglāja apgabalā. Šī pieeja darbojas tikai optiski plānos jeb samērā caurspīdīgos miglāja apgabalos. Optiski blīvajā, necaurredzamajā miglāja daļā jāmodelē arī stimulētā emisija un absorbcija.

Izmantojot emisijas starojumu, caurspīdīgos miglāja apgabalos var noteikt arī molekulu ātrumu un temperatūras sadalījumu, jo spektrālīnijas platums ir tieši saistīts ar molekulu siltumkustības ātrumu. Taču molekulu kustību miglājos var radīt arī gāzes plūsmas. Abus kustības veidus var atšķirt, novērojot dažādas spektrālīnijas un ņemot vērā, ka augstākā temperatūrā spektrālīnija būs spožāka.

Novērojot necaurredzamus miglājus, ir jāņem vērā arī to ķīmiskais sastāvs, jo blīvuma, temperatūras un starojuma ietekmē var rasties un sabrukt dažādas molekulas. Miglāju ārpusē dažas molekulas nebūs sastopamas, jo ultravioletais starpzaigžņu starojums tās izjauc. Savukārt augstā blīvumā un zemā temperatūrā vairāku gāzu molekulas izsalst uz putekļu virsmām. Piemēram, oglekļa monoksīds (CO) vakuumā sasilst pie 27 grādiem virs absolūtās nulles, kas nozīmē, ka šādā temperatūrā tas

KOSMOSĀ “SAVĀ VAĻĀ” ATSTĀTIEM ŪDEŅRAŽA ATOMIEM PĒC ILGA LAIKA VAJADZĒTU IZVEIDOT MOLEKULAS. TĀ NOTIEK, TAČU ŠIS PROCESS IR ĀRKĀRTĪGI LĒNS.

jau var sākt izsilt uz putekļu virsmām. Blīvākajos miglājos CO emisijas minimums atrodas turpat, kur putekļu emisijas smaile, jo tas ir nevis pazudis, bet izsalis uz putekļiem. Tāpēc vienmēr ir jāpatur prātā, ka molekulārās līnijas emisija var mainīties, molekulām mainot stāvokļus.

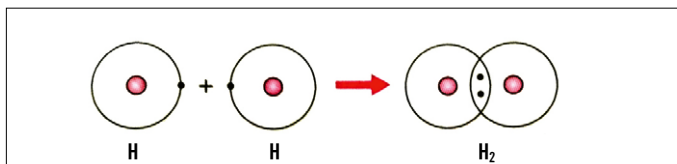
TUMŠO MIGLĀJU SASTĀVS UN PROCESI TAJOS

Visbiežāk sastopamais atoms starpzaigžņu vidē ir ūdeņradis. Ūdeņraža molekulas atrodas zemākā enerģijas stāvoklī nekā atsevišķi ūdeņraža atomi. Tātad “savā vaļā” atstātiem ūdeņraža atomiem pēc ilga laika vajadzētu izveidot molekulas. Tā notiek, taču šis process ir ārkārtīgi lēns ūdeņraža molekulu kvantu simetrijas dēļ. Lai izveidotu molekulu, diviem ūdeņraža atomiem ir jāsaduras un jāizstaro pietiekama

enerģija, lai atomi kļūtu saistīti. Bet gan ūdeņraža molekula, gan atsevišķi atomi zemākajos enerģijas stāvokļos ir simetriski. Tas nozīmē, ka, molekulai griežoties vai svārstoties, nenotiek elektriskā lādiņa pārvietošanās un nav pārejas starp enerģijas stāvokļiem, kurā tiktu izstarots starojums. Pāreja iespējama tikai tad, ja kāds no atomiem vai molekula ir ierosināti.

Šādas pārejas nenotiek pietiekami bieži, lai tās ņemtu vērā.

Tā vietā dominējošais ūdeņraža molekulu veidošanās mehānisms ir atomu satikšanās uz putekļu virsmām. Šajā gadījumā liekā enerģija tiek izstarota kā fononi – putekļa kristālu režģa vibrācijas jeb, vienkārši sakot, siltums. Lai ūdeņraža molekulu atkal sadalītu atomos, ir spēkā tādi paši simetrijas ierobežojumi. Tāpēc ūdeņraža molekulas sabrukšana pārsvarā



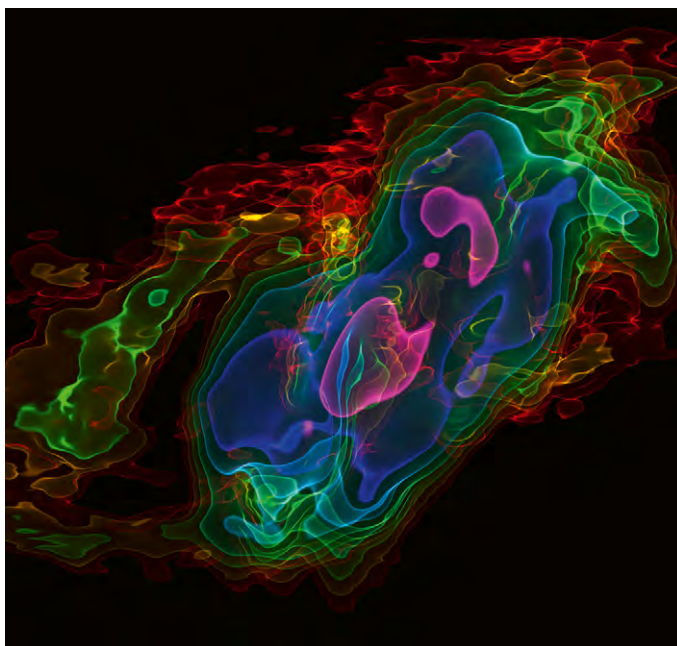
Visuma “valdnieks” – ūdeņradis. Pa kreisi – atsevišķi atomi, pa labi – molekula. Sarkanā lodīte attēlo protonu, melnā – elektronu

Brīriepējas attēls

notiek, absorbējot no karstas zvaigznes atlidojošu fonu, kas ierosina molekulu augstākā enerģijas stāvoklī. Pēc tam molekula sabrūkot atbrīvo atomus un izstaro starojumu ar lielāku viļņa garumu (mazāku enerģiju).

Šo mehānismu sauc arī par "pašekranēšanu", jo blīvu, aukstu miglāju ārpusē ūdeņraža molekulas absorbēs augstākas enerģijas fotonus, bet sabrūkot izstaro zemākas enerģijas fotonus, tādā veidā samazinot lielas enerģijas fonu skaitu, kas dziļāk iespiežas miglājā. Apvienojot šo informāciju ar kolonnas blīvumu, var raksturot molekulu koncentrāciju dažādās galaktikās, ne tikai mūsējā. Piemēram, galaktikas *Arp 220* kodolā 90% vielas ir molekulu formā. Arī Piena Ceļa galaktikas vidusdaļu lielā mērā aizpilda centrālā molekulārā zona.

Molekulārajos miglājos svarīga loma ir oglekļa monoksīda molekulām. Tā ir otra vienkāršākā un otra biežāk sastopamākā molekula. Tā dzesē miglājus efektīvāk nekā ūdeņraža molekulas, jo CO molekulas masa ir daudz lielāka, bet ierosināšanai nepieciešamā enerģija – daudz mazāka. CO molekulas veidojas galvenokārt gāzveida fāzē, nevis reakcijā uz putekļiem. Ir divi galvenie veidi – astoņu soļu ķēdes reakcija, kas sākas ar ūdeņraža molekulas sadursmi ar kosmiskā starojuma daļiņu, un trīs soļu reakcija, kas sākas ūdeņraža molekulas sadursmē ar jonizētu oglekli.



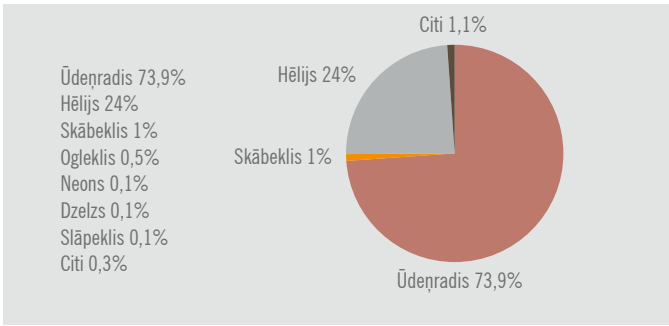
ALMA (ESO/MNOJ/NRAO), Erik Rosolowsky

Oglekļa monoksīda molekulu sadalījums Skulptora galaktikā, vizualizācija

Pirmā veida reakcijas iespējamību ierobežo kosmiskā starojuma daudzums, otro ierobežo ķīmiskā reakcija $\text{CH} + \text{O} \rightarrow \text{CO} + \text{H}$. Tas, kurš veids dominē, ir atkarīgs no kosmisko staru jonizācijas, vides blīvuma, temperatūras un citiem apstākļiem. CO sabrūk tāpat kā ūdeņraža molekula, absorbējot noteiktas enerģijas fotonu. CO "pašekranēšana" nedaudz atšķiras no ūdeņraža molekulu mehānisma, jo miglājos CO ir mazākā koncentrācijā nekā ūdeņradis.

Blīvos miglājos var sastapt arī daudzas citas molekulas. Starpzvaigžņu vidē ir novērotas vairāk nekā 200 dažādas molekulas, tajās ir līdz pat 12 atomiem. Molekulu sastāvs lielā mērā atbilst ķīmiskajiem elementiem, kas sastopami starpzvaigžņu vidē. Aiz ūdeņraža visizplatītākais elements pēc masas ir hēlijs, kas ir inertā gāze un reti veido molekulas. Seko skābeklis, ogleklis, neons, dzelzs, slāpekļis, silīcijs, magnijs, sērs un citi. Aptuveni 70% starpzvaigžņu molekulu veido tikai

”
STARPZVAIGŽŅU VIDĒ NOVĒROTAS VAIRĀK
NEKĀ 200 DAŽĀDAS MOLEKULAS, KURĀS
VAR BŪT LĪDZ PAT 12 ATOMIEM.



Ķīmiskie elementi Visumā pēc masas

četri elementi – ūdeņradis, skābeklis, ogleklis un slāpeklis. Pārējās molekulās var sastapt silīciju, sēru, fosforu, fluoru un citus elementus.

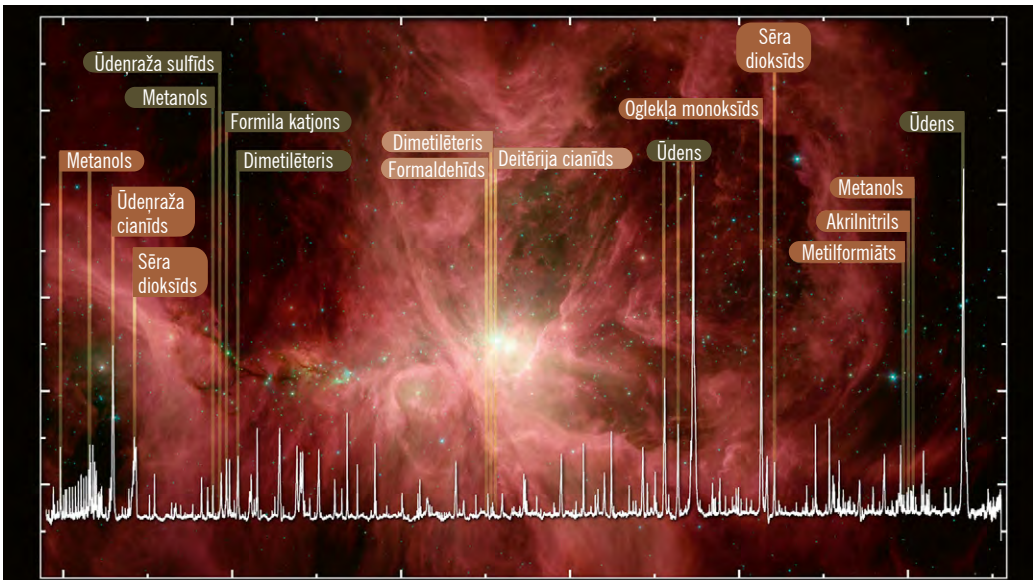
Aptuveni 75% atklāto molekulu ir organiskas – to sastāvā ir ogleklis, kas spēj veidot daudzveidīgas un stabilas ķīmiskās saites. Visās zināmajās starpzvaigžņu molekulās, kurām ir vismaz pieci atomi, ir vismaz viens oglekļa atoms. Skābeklis, kas kosmosā ir

biežāk sastopams nekā ogleklis, atrodams tikai trešdaļā atklāto molekulu. Tas ir tāpēc, ka divi oglekļa atomi molekulā var būt saistīti ar stipru

oglekļa-oglekļa saiti. Šīs saites ir kovalentā saite nozīmē, ka atomus satur kopā abu atomu elektroni, kas savās orbitālēs pārklājas. Sigmas saite ir spēcīgākais kovalentās saites paveids, kad pārklāšanās notiek lielākajā orbitāles daļā. Jo lielāka pārklāšanās – jo spēcīgāka saite. Ogleklis ir viens no retajiem elementiem, kurš var veidot šīs saites pats ar sevi. Starpzvaigžņu vidē novērotas arī oglekļa nanocaurulītes un fullerēni (lodītes vai ovāli), kuru sastāvā ir līdz pat 70 atomiem.



OGLEKĻA ĶĪMIJAS DAUDZVEIDĪBA IR TICAMĀKAIS IEMESLS, KĀPĒC VISU ZINĀMO ZEMES DŽĪVĪBAS FORMU PAMATĀ IR OGLEKLIS.



Ar Heršela kosmisko teleskopu atrastās molekulas Orionas miglājā

Tā kā ogleklim ārējā čaulā ir četri elektroni, bet oglekļa-oglekļa saite aizņem tikai divus, katram oglekļa atomam "paliek pāri" divi elektroni, kas var veidot savienojumus ar citiem elementiem. Šā iemesla dēļ ogleklis var veidot ļoti daudzveidīgas un stabilas molekulas. Oglekļa (organiskās) ķīmijas bagātība ir ticamākais skaidrojums, kāpēc visu zināmo Zemes dzīvības formu pamatā ir ogleklis.

NOŠĻĒGUMS

Blīvāko miglāju centrālajā daļā vairs nav iespējams novērot molekulas, un par miglāju sastāvu un tajos notiekošajiem procesiem var gūt priekšstatu, tikai izmantojot fizikālas simulācijas. Iespējams, ka blīvo miglāju iekšējā daļa vienmēr paliks mīkļa un būs jāsamierinās ar tuvinājumiem un prognozēm par to patieso dabu.

Tumšo miglāju pētīšana ir svarīga astrofizikas nozare, jo no šādiem miglājiem veidojas jaunas zvaigznes un planētas. Tie ļauj labāk izprast mūsu pašu Saules sistēmas rašanos un uzbūvi. Tumšo miglāju pētniecība var arī sniegt informāciju par vienu no visu laiku svarīgākajiem jautājumiem – kā kosmiskajos apstākļos no sarežģītām organiskajām molekulām varētu rasties dzīvība. ✍

Raksts tapis Latvijas Zinātnes padomes projekta *Ledus molekulu desorbcija starpzvaigžņu vidē (DIMD)*, Nr. Izp-2021/1-0076, ietvaros.

MOLEKULĀRĀ MIGLĀJA IEKŠIENĒ

1. Ārējais slānis sastāv no neitrāla ūdeņraža un jonizēta oglekļa.
2. Nākamais slānis sastāv no ūdeņraža molekulām un jonizēta oglekļa.
3. Trešajā slānī dominē ūdeņraža un oglekļa monoksīda molekulas. Dziļāk tumšajā miglājā, tuvojoties centram, CO aizvien vairāk izsalst uz putekļiem, tāpēc, lai iegūtu informāciju par miglāja stāvokli un uzbūvi, ir jānovēro citu molekulu starojums. Piemēram, amonijs NH_3 un N_2H^+ , kuru sastāvā ir slāpekļis, izsalst krievni vēlāk nekā CO un spēj sniegt vairāk informācijas par miglāja iekšieni. Šo trīs molekulu novērojumi devuši iespēju raksturot molekulāro miglāju kodolu pamatstruktūru. Ejoj vēl tālāk, daudz informācijas sniedz molekulas, kurās ūdeņradī aizvieto tā izotops – deitērijs. Tas tiešā veidā sniedz informāciju par vienu no nozīmīgākajiem tumšo miglāju procesiem – kosmiskā starojuma radītajām reakcijām.
4. Ceturtajā slānī sākas tumšā miglāja "ķīmijas zona". Šā slāņa ārpusē atrodas ap 15 000 astronomisko vienību attālumā no centra un sastāv no oglekļa ķēdēm CCS un CCH, par kurām informāciju sniedz CS, CO un HCO^+ molekulu novērojumi, jo šīs molekulas ir savstarpēji ķīmiski saistītas.
5. Piektais slānis, kas sākas ap 7000 astronomisko vienību no centra, ir "CO izsalšanas zona", kur apmēram 99% visu CO molekulu ir izsalušas uz putekļiem un to emisijas līnijas vairs nav iespējams novērot.
6. Sestais slānis, kas sākas ap 5000 astronomisko vienību no centra, ir "molekulu izsīkšanas zona", te visvairāk ir deitēriju saturošo molekulu. Šajā apgabalā novērotas arī tādas molekulas, kas ir noturīgas pret izsalšanu, piemēram, CN, HCN, HNC. Šajā slānī molekulu kļūst daudz mazāk un veidojas lieli, vairāku slāņu putekļi.
7. Septītais slānis, kas sākas ap 1000 astronomisko vienību no centra, ir "pilnīga molekulu izsīkšanas zona". Šis slānis šobrīd ir teorētisks, jo te visas molekulas ir izsalušas uz putekļiem un emisijas līnijas nesniedz nekādu informāciju. Šeit varētu atrasties neliels daudzums deitēriju saturošu molekulu, piemēram, H_2D^+ un D_2H^+ , kuru vājo starojumu spētu uztvert tikai pasaules spēcīgākie teleskopi, kā ALMA, kas strādā milimetru un submilimetru diapazonā – joslā starp infrasarkanajiem un radio viļņiem.

Einšteina paredzētie, bet tikai nesen ieraudzītie gravitācijas viļņi

MŪSDIENĀS NEMAZ TIK BIEŽI NEGADĀS, KA ZINĀTNĒ NOTIEK TIK SPILGTI UN IZCILI NOTIKUMI, KAD IR PILNĪGI SKAIDRS, KA TIE PĒTĪJUMA AUTORIEIEM ATNESĪS NOBELA PRĒMIJU.

Kalifornijas Universitātē Bērklijā 2016. gada 3. oktobrī valdīja manāms satraukums. Sešos vakarā universitātes lielākajā zālē – Cellerbaha auditorijā, kas visbiežāk tika izmantota koncertiem un citiem mākslas

pasākumiem, – bija izziņota publiska lekcija. Šādas lekcijas par zinātnes tēmām Bērklijā nav nekas neparasts. Kā teica kāds mans Bērklijas kolēģis, mums nav nepieciešams braukāt apkārt pa konferencēm, lai sastaptu zinātnes grandus, tostarp Nobela prēmijas

laureātus, dažādās zinātņu nozarēs. Agrāk vai vēlāk viņi paši atbrauks uz Bērkliju, un tiks organizēti viņu priekšlasījumi pie mums. Taču šoreiz satraukums “kampusā” bija jūtams. Bija paredzēts, ka lekciju vakarā lasīs Masačūsetsas Tehnoloģiju institūta profesors Rainers Veiss (*Weiss*) – neapšaubāms līderis LIGO jeb gravitācijas viļņu detektora projektā. Viņa lekcijas tēma bija formulēta ļoti lakoniski – Gravitācijas viļņi.

Kad mēs ar kolēģiem jau ļoti laikus ieradāmies Cellerbaha auditorijā, lai dabūtu labas vietas zālē, izrādījās, ka esam gandrīz nokavējuši. Zāli pildīja gan fiziķi, gan nefiziķi, gan prominenti profesori, tostarp Nobela prēmijas laureāti, kuru Bērklijā netrūkst, gan studijas tikko sākušie no visām universitātes



LIGO Laboratory, HANDOUT

LIGO jeb gravitācijas viļņu observatorija Livingstonā, Luiziānā

fakultātēm. Tik liela bija interese par šo notikumu.

KAS IR GRAVITĀCIJAS VIĻŅI?

Kas ir gravitācijas viļņi, un kādēļ tie radīja tik lielu interesi gan fiziķu, gan "cītādi domājošo" sabiedrībā? Gravitācijas viļņu vēsture sākas 1916. gadā, kad Alberts Einšteins radīja savu vispārīgo relativitātes teoriju – teoriju par telpu, laiku un gravitāciju, liekot radikāli mainīt priekšstatus par to, kas ir telpa un laiks. 17. gadsimtā sers Īzaks Ņūtons savā traktātā *Dabas filozofijas matemātiskie pamati* formulēja to, ko cilvēki intuitīvi bija jutuši jau sen. Eksistē universāla, no cilvēka un vielas neatkarīga telpa, kurā atrodas visi esošie objekti. Ja nebūtu nekā materiāla, telpa joprojām paliktu. Ar šiem objektiem notiek dažādas pārvērtības – attīstība laikā. Arī laiks ir no cilvēka un lietām neatkarīgs. Tātad eksistē ne no kā neatkarīga universāla telpa un universāls laiks.

Einšteins ar savu gravitācijas teoriju piedāvāja radikāli citu skatu uz pasauli. Viņa redzējumā ķermeņi un telpa, kurā tie atrodas, nav atdalāmi. Ķermeņi ietekmē laiku un telpu. Jo masīvāks ķermenis, jo



Pasākums Cellerbaha auditorijā

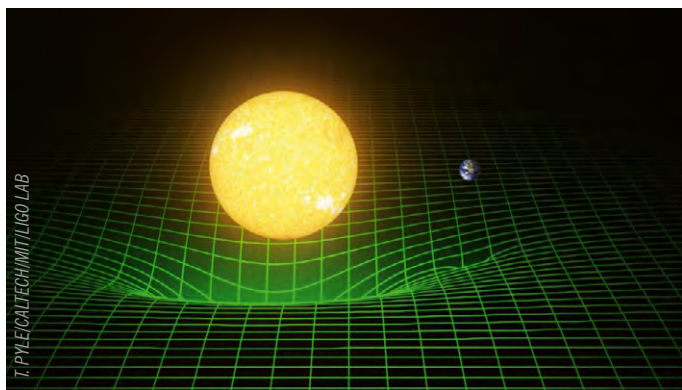
ši ietekme ir lielāka. Ķermeņi deformē laiktelpu, un tāpēc tie viens otru pievelk.

Skat abstrakti? Tā arī ir, taču varam izveidot nelielas ilustrācijas, analogijas, kas palīdz domāt par šīm abstraktajām lietām, ļauj attīstīt mūsu intuīciju. Telpas ar trim dimensijām (garums, platums un augstums) vietā varam iedomāties pasauli, kurai ir tikai divas dimensijas – platums un augstums. Sauksim to par plakano pasauli. Vēl vairāk – iedomāsimies šo plakano pasauli kā tādu uz rāmja uzstieptu plānu gumijas membrānu. Ja uz šīs membrānas uzliek smagu lodi, tad gumiņa zem šīs lodes smaguma

ieliecas un citas mazākas lodītes, kas var atrasties uz šīs virsmas, sāks ripot smagās lodes virzienā. Alberts Einšteins teica – nu, lūk, šī arī ir gravitācija. Tas, ka smagā lode pievelk citas lodītes, jāsaprot tā, ka smagā lode ir deformējusi, izliekusi telpu un vieglās lodītes ripo deformētajā telpā deformācijas virzienā. Tieši tāpat kā šo gumijas membrānu, tikai nedaudz sarežģītāk, var iedomāties šādu deformāciju nevis plakanajā, bet mūsu reālajā trīsdimensiju pasaulē.

Tik tālu par gravitāciju. Bet kur tad šeit gravitācijas viļņi? Viļņi rodas tad, ja telpas deformācija notiek strauji. Ja ūdenī iemetam akmeni, pa ūdens virsmu izplatās viļņi. Ja telpu deformējam strauji, piemēram, divas masīvas zvaigznes ātri rotē viena ap otru, rodas gravitācijas viļņi. Šo viļņu eksistenci paredzēja jau pats Einšteins vispārīgās relativitātes teorijas pirmsākumos. Mēs zinām, ka Einšteins par savas teorijas pareizību bija pilnīgi

”
EINŠTEINS AR SAVU GRAVITĀCIJAS TEORIJU
PIEDĀVĀJA RADIKĀLI CITU SKATU UZ
PASAULI. VIŅA REDZĒJUMĀ ĶERMEŅI UN
TELPA, KURĀ TIE ATRODAS, NAV ATDALĀMI.



Masīvs ķermenis – Saule – deformē laiktelpu tā, ka Zeme “ripo” Saules virzienā

pārliecināts. Par to ir leģendām apvīts stāsts. 1919. gadā angļu astrofiziķis Artūrs Edingtons Saules aptumsuma laikā plānoja pārbaudīt Einšteina teoriju. Viņa mērķis bija mērīt, kā gaisma no tālām zvaigznēm noliecas Saules gravitācijas laukā. Kad Saule spoži spīd, to izdarīt ir grūti, bet aptumsuma laikā viegli novērot spožu zvaigzni pie Mēness aizsegtā Saules diska malas. Šajā laikā Einšteina teorija vēl bieži tika apšaubīta, un Edingtona eksperiments tika uzskatīts kā izšķirošā pārbaude, vai Einšteina ir taisnība. Iepriekšējā vakarā pirms Edingtona eksperimenta kāds žurnālists esot uzrunājis Einšteinu, sakot viņam: “Profesor, jums šī droši vien būs nemierīga nakts. Rīt no rīta tiks izlemts jūsu teorijas liktenis.” Uz ko Einšteins esot atbildējis apmēram tā: “Nē, godājamais kungs. Es gulēšu ļoti mierīgi. Es taču zinu, ka mana teorija ir pareiza.” Iespējams, ka, iegūstot leģendas nokrāsas, stāsts ne visās detaļās ir

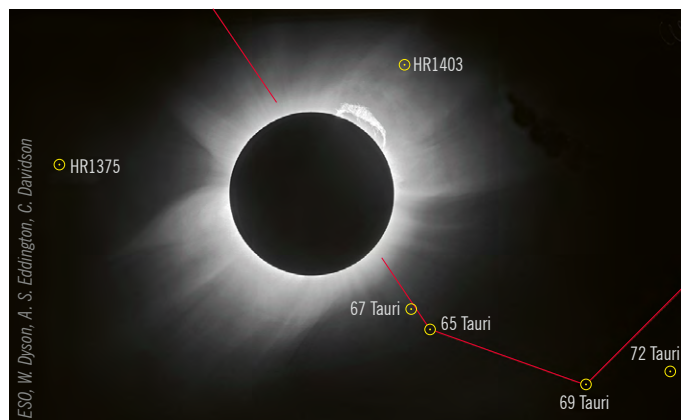
paties, bet tas precīzi raksturo Alberta Einšteina pārliecību par savām teorijām.

Lieki teikt, ka Einšteina izrādījās taisnība un Edingtona nomērītā tālas zvaigznes gaismas noliece

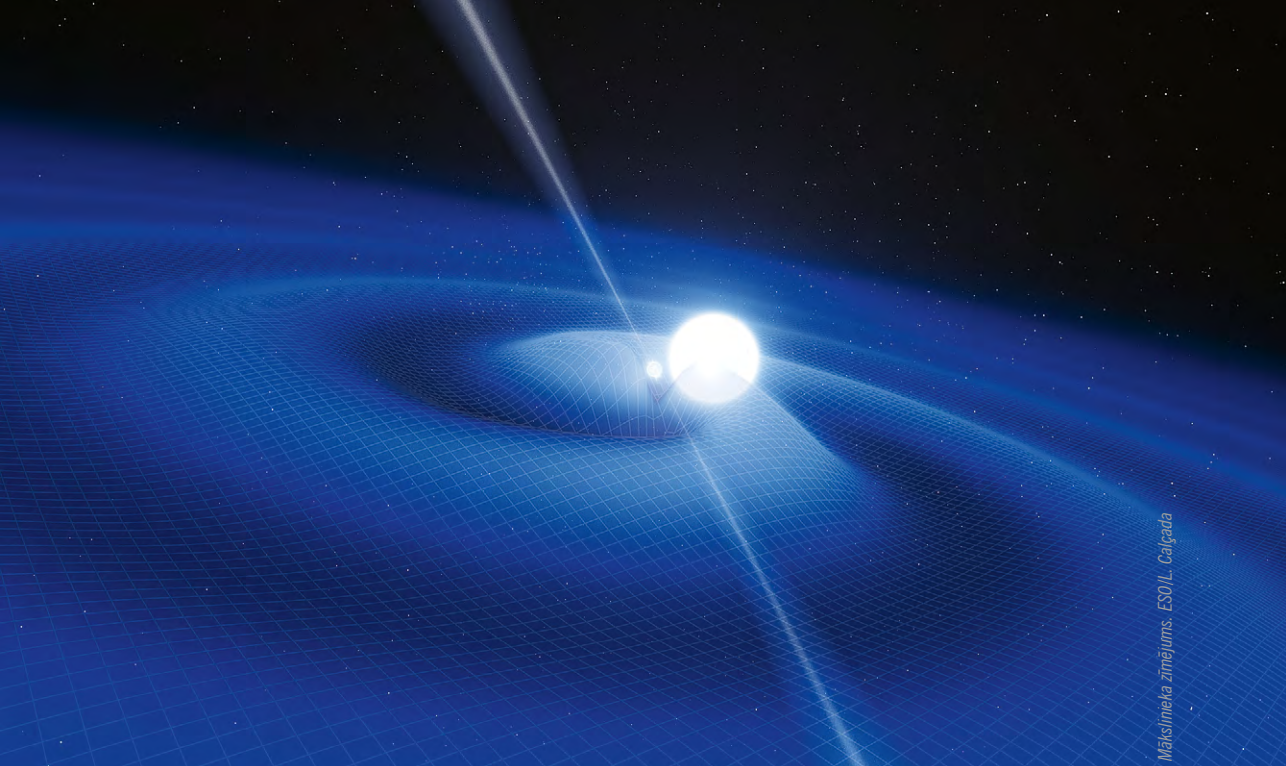
Saules gravitācijas laukā izrādījās tieši tāda, kā Einšteins to bija paredzējis, un apstiprināja viņa gravitācijas teoriju.

Taču teorijā palika eksperimentāli nepārbaudīti iepriekš pieminētie gravitācijas viļņi. Bija netieši pierādījumi par to eksistenci. Tā lielām, masīvām zvaigznēm, rotējot vienai ap otru, saskaņā ar Einšteina teoriju ir jāzstaro gravitācijas viļņi. Bet viļņi, kas tiek izstaroti, neizbēgami aiznes prom arī enerģiju. Tātad rotējošas zvaigznes izstaro gravitācijas viļņus, zaudē enerģiju un tuvojas viena otrai. To rotācijas periods samazinās. Tad, lūk, šādu zvaigžņu rotācijas perioda samazināšanos astronomi novēro, un tas notiek

”
EINŠTEINS ŽURNĀLISTAM ESOT ATBILDĒJIS APMĒRAM TĀ: “NĒ, GODĀJAMĀIS KUNGS. ES GULĒŠU ĻOTI MIERĪGI. ES TAČU ZINU, KA MANA TEORIJA IR PAREIZA.”



Artūra Edingtona iegūtais Saules aptumsuma un Saulei tuvāko zvaigžņu attēls



Mākslinieka zīmējums. ESO/L. Calçada

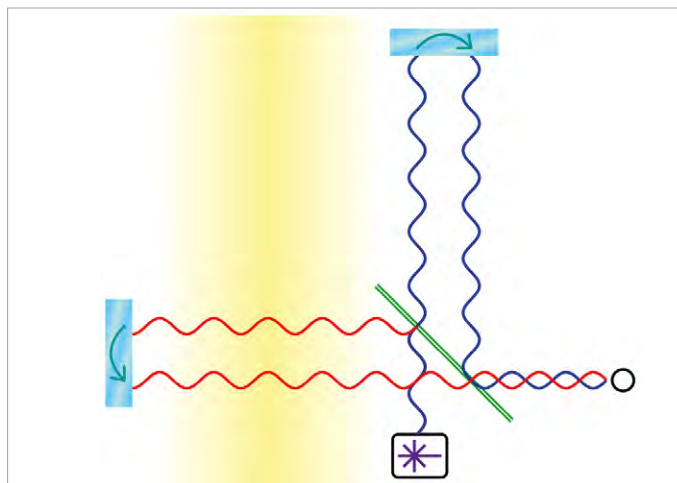
Halsa–Teilora dubultsistēmas rotācijas periods samazinās tieši tā, kā paredz Einšteina teorija

tieši tik ātri, kā to paredz Einšteina relativitātes teorija.

Taču vēl pārliecinošāki būtu tieši gravitācijas viļņu novērojumi. Kā to izdarīt, kas notiek, piemēram, istabā, kad caur to izplatās gravitācijas viļņi? Notiek šādi – ja caur telpu izplatās gravitācijas vilnis, telpas daļa, kuras garums un platums ir vienādi, pēkšņi kļūst nedaudz garāka un nedaudz šaurāka. Vai to var nomērīt? Izrādās, ka var. Fiziķi ir izveidojuši nu jau vairākus gravitācijas viļņu detektorus. To darbības princips ir šāds. Tiek raidīts lāzera stars divos savstarpēji perpendikulāros virzienos. Tad noteiktā attālumā, kas pirmajos detektoros bija četri kilometri no stara avota, gaisma ar spoģuļiem tiek atstarota atpakaļ. Atgriežoties sākuma

punktā, tiek salīdzināts, cik daudz laika bija nepieciešams katram no perpendikulāriem stariem, lai veiktu savu ceļu. Fizikā šo salīdzināšanu

veic, liekot abiem stariem mijiedarboties – interferēt. Ja mērījuma laikā caur šo aparātu izplatās gravitācijas vilnis, tad viena stara



Vienkāršota gravitācijas viļņu detektora shēma. Lāzers (lejā) sūta detektorā gaismas viļņus, kas zaru galos atstarojas. Gravitācijas vilnis (dzeltens) izmaina detektora zaru garumu. Uztvērējā (pa labi) parādās gaismas signāls

ceļš klūs garāks, otra – īsāks. To šī iekārta spēj pamanīt.

KO LĒMA NOBELA PRĒMIJAS KOMITEJA?

Rodas jautājums, kādēļ vajag tik garu ceļu – četrus kilometrus – un kādēļ vajadzēja tik ilgu laiku, lai gravitācijas viļņus detektētu? Atbilde ir nepieciešamā precizitāte. Gravitācijas viļņa iedarbībā šis četrus kilometrus garais ceļš pagarinās un saīsinās pavisam nedaudz. Tas pat būtu maigi teikts. Šie četri kilometri izmainās par vienu tūkstošo daļu no protona izmēriem. Zinām, ka atoms ir ļoti mazs. Bet protoni, kas kopā ar neitroniem veido atoma kodolu, ir vēl simttūkstoš reižu mazāki par atomu. Ir grūti iedomāties, kā tik mazu izmaiņu – tūkstošo daļu no protona – var nomērīt!? Tas patiešām ir grūti, un tāpēc vajadzēja tik daudz laika, lai gravitācijas viļņus tiešām novērotu. Padomājiet, cik stabili ir jābūt nostiprinātiem lāzera starus atstarojošajiem spoguļiem, lai tie mērījuma laikā neizkustētos pat par šo mazo attālumu! Tāpēc gravitācijas viļņu detektoram jāatrodas ļoti nomaļā vietā. Pat desmitiem kilometru tāla

autostrāde var izraisīt vibrācijas zemē, kas gravitācijas viļņu mērījumus padarīs neiespējamus. Citstarp, lai būtu pilnīga drošība par viļņu detektēšanu, ASV tika veidoti divi detektori, kas atradās tūkstošiem kilometru viens no otra – viens Luiziānas, otrs – Vašingtonas pavalstī (skat. attēlu raksta ievadā). Un tikai tad, kad abi vienlaikus redzēja vienādus signālus, bija skaidrs, ka gravitācijas viļņi ir ieraudzīti un detektēti tieši un nešaubīgi. Nākamais solis – domāt par gravitācijas viļņu observatorijām, kas ļautu pētīt Visumu pēc tā, kādi gravitācijas viļņi tajā izplatās.

Bet atgriezīsimies pie stāsta sākuma. Vai otrā rītā Rainers Veiss pamodās kā Nobela prēmijas laureāts? Lai arī visās uzrunās un lekcijai sekojošajā pieņemšanā gan tiešāk, gan netieši tika izteikti mājieni, ka tā notiks, Nobela prēmija 2016. gadā Raineram Veisam un viņa kolēģiem vēl netika piešķirta. Nobela prēmijas komitejas diskusiju gaita, protams, oficiāli nav zināma. Taču neoficiāli ir zināms, ka komitejas locekļi nolēma, pagaidīt, līdz gravitācijas viļņu detektors reģistrēs lielāku



Nobela prēmijas laureāts Rainers Veiss

Bengt Nyman, CC BY 2.0

skaitu viļņu. Pirmo reizi gravitācijas viļņi tika reģistrēti 2015. gada 14. septembrī, un par to tika paziņots tikai 2016. gada 11. februārī, pārbaudot, vai tomēr mērījumos nav kāda kļūda. Šo gravitācijas vilni bija radījusi divu melno caurumu sadursme, kas notika vairāk nekā miljarda gaismas gadu attālumā no Zemes. 2016. gadā gravitācijas viļņus novēroja vēl tikai divas reizes. Tāpēc Nobela prēmiju komiteja nogaidīja vēl vienu gadu un sagaidīja vēl citus gravitācijas viļņu novērojumus, līdz 2017. gada oktobrī paziņoja, ka Nobela prēmija fizikā tiek piešķirta trim fiziķiem – Raineram Veisam, Berijam Berišam un Kipam Tornam par izšķirošu ieguldījumu gravitācijas viļņu detektora izveidē un gravitācijas viļņu detektēšanu. ✨

Raksts pirmo reizi publicēts Latvijas sabiedrisko mediju portālā LSM.lv



”
KĀ IZMĒRĪT GARUMA IZMAIŅU, KAS VIENĀDA AR TŪKSTOŠO DAĻU NO PROTONA IZMĒRA!? TAS PATIEŠĀM IR GRŪTI, UN TĀPĒC VAJADZĒJA TIK DAUDZ LAIKA, LAI GRAVITĀCIJAS VIĻŅUS NOVĒROTU.

Kosmiskās misijas

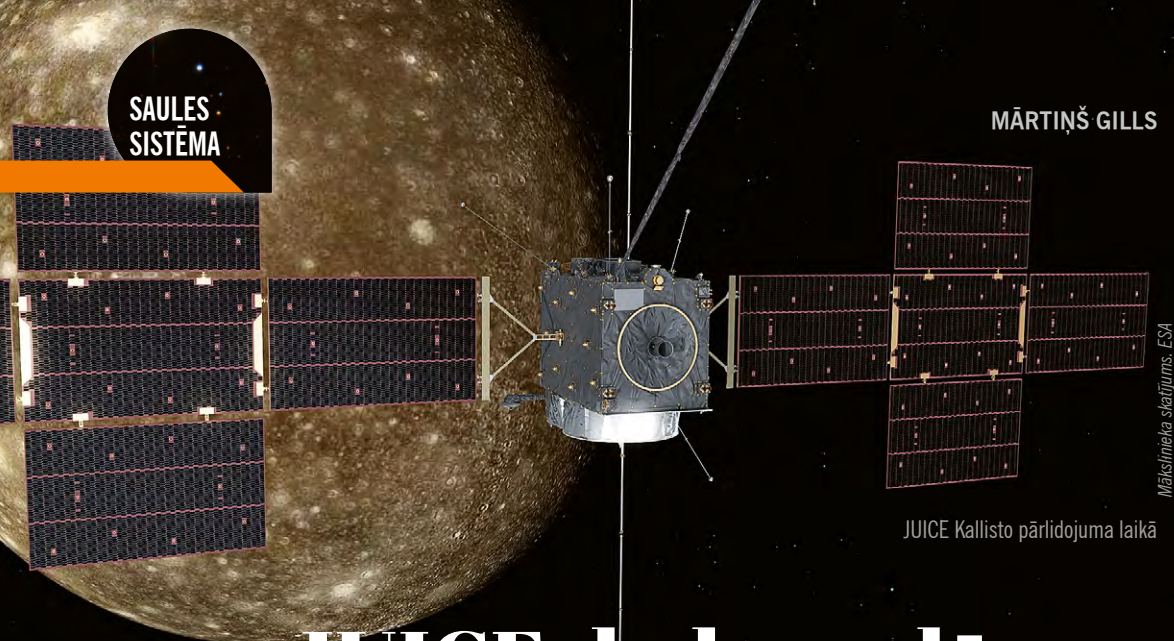
VIENA NO LATVIJAS ATKLĀTO SKOLĒNU ASTRONOMIJAS OLIMPIĀŽU UZDEVUMU TĒMĀM SAISTĪTA AR KOSMISKO APARĀTU LIDOJUMIEM. ŠĀDOS UZDEVUMOS JĀAPRĒĶINA KOSMISKO APARĀTU UN TO ORBĪTU PARAMETRI. PIEDĀVĀJAM LASĪTĀJAM PĀRBAUDĪT SAVAS ZINĀŠANAS, RISINOT TRĪS UZDEVUMUS.

1. 2019. gada 16. aprīlī galīgajā orbītā ap Marsu plānoja ievadīt pirmo areostacionāro pavadoņi *Mars Transmitter 1*. Pirms tam tas atradās eliptiskā orbītā ap Sarkanu planētu. Orbītas pericentra augstums bija vienāds ar Marsa areostacionārās orbītas augstumu, un pavadoņa ātrums šajā punktā $v_p = 2000$ m/s. Kāda būs pavadoņa masa pēc manevra veikšanas, ja tā sākotnējā masa $m_s = 3276$ kg, gāzu izplūdes ātrums no dzinēja $v_g = -1900$ m/s, degvielas bija pietiekami un pavadoņa rotācijas virziens un plakne nemainījās? Marsa masa $M_M = 0,642 \cdot 10^{24}$ kg, gravitācijas konstante $G = 6,672 \cdot 10^{-11}$ N·m²/kg², Marsa rotācijas periods $T_M = 24^h37^m$. (1999. gads)

2. Meksikas pavadoņu novērošanas observatorijā 2003. gada 10. aprīlī pamanīja sakaru pavadoņi *Telegate*, kurš pirms dažām nedēļām datorprogrammas kļūmes dēļ bija iedarbinājis dzinējus, pārgājis no ģeostacionārās orbītas uz eliptisku un sācis rotēt ap savu asi. Kopš tā brīža pavadoņi vairs nereaģēja uz vadības signāliem no Zemes. Lai arī *Telegate* nebija spožs, tas no citiem pavadoņiem atšķīrās ar rotācijas radīto specifisko mirgošanu.

Iepriekš iegūtā informācija liecināja, ka tā orbītas apogejs joprojām bija ģeostacionārās orbītas augstumā, un diennaktī pavadoņi apriņķoja Zemi nepilnas divas reizes. 10. aprīlī tieši plkst. 2.00 pēc vietējā joslas laika tas izgāja cauri perigejam. Meksikas observatorijā bija labvēlīgi novērojumu apstākļi arī turpmākajās naktīs, bet *Telegate* pavadoņi izdevās novērot tikai 13. aprīlī. Tika konstatēts, ka tas perigejā bija tieši plkst. 1.40 pēc vietējā joslas laika. Izmantojot jūsu rīcībā esošo informāciju, nosakiet pavadoņa orbītas ekscentricitāti! Zemes apriņķošanas periods $T_Z = 23^h56^m$, Zemes masa $M_Z = 6 \cdot 10^{24}$ kg, gravitācijas konstante $G = 6,672 \cdot 10^{-11}$ N·m²/kg². (2003. gads)

3. 2006. gada nogalē ASV plānoja palaist jaunākās paaudzes Zemes novērošanas pavadoņi *WorldView-1*. Tas kustētos pa riņķveida orbītu ar rādiusu $R = 6830$ km. Noteikt minimālo uz pavadoņa uzstādāma teleskopa diametru, lai ar šo teleskopu varētu novērot Zemes virsmu nadīra virzienā ar izšķirtspēju $d = 45$ cm! Gaismas viļņa garums $\lambda = 0,5$ μm. Ņemt vērā, ka maziem leņķiem $\sin \alpha \approx \tan \alpha \approx \alpha$, ja leņķis α ir izteikts radiānos. (2006. gads)



Mākslinēka slatījums. ESA

JUICE Kallisto pārlidojuma laikā

JUICE dodas ceļā

ASTOŅUS GADU ILGĀ CEĻĀ DEVIES KOSMISKAIS APARĀTS JUICE, LAI PĒC NONĀKŠANAS JUPITERA APKAIMĒ PIEVĒRSTOS TĀ LEDAINO PAVADOŅU IZPĒTEI.

2023. gada 16. aprīlī ar nesējraķeti *Ariane 5* no Kurū kosmodroma Franču Gviānā ceļā devās Eiropas Kosmosa aģentūras kosmiskais aparāts JUICE (*Jupiter Icy Moons Explorer*).

Kā tas mēdz būt tālos kosmiskos lidojumos, arī JUICE izmantos vairākus planētu pārlidojumus, lai no planētas gravitācijas lauka iegūtu papildu impulsu lidojuma orbītas koriģēšanai un kosmiskā aparāta paātrināšanai. Astoņus gadus ilgā lidojuma līdz Jupiteram laikā trīs reizes impulsu dos Zeme un vienu reizi – Venera. Pirmais manevrs precīzāk klasificējams kā Zemes un Mēness pārlidojums, tāds tiks veikts pirmo reizi. 2031. gada jūlijā

JUICE būs jābremzē, lai nonāktu orbītā ap Jupiteru. Turpmāk līdz pat 2034. gada novembrim tas pārlidos ledainos Jupitera pavadoņus: 2 reizes – Eiropu, 12 reizes – Ganimēdu, 21 reizi – Kallisto. Pēc tam sekos trajektorijas izmaiņas, lai JUICE pārietu orbītā ap Ganimēdu. Pirmo reizi kāds no kosmiskajiem aparātiem būs kļuvis par Jupitera pavadoņa pavadoni.

Pie Jupitera būs ieradies arī NASA kosmiskais aparāts *Clipper*, kura uzmanības

centrā būs cits ledainais pavadoņi – Europa. *Clipper* startēs vēlāk nekā JUICE – 2024. gada oktobrī, bet pie Jupitera nonāks nedaudz ātrāk – 2030. gada aprīlī. 2023. gada sākumā vēl nebija zināms, vai līdz tam laikam tiks pagarināta šobrīd aktīvā un jau divreiz pagarinātā Jupitera izpētes misija *Juno*.

Līdzšinējie Jupitera pētījumi liecina, ka visi trīs ledainie pavadoņi zem biežā ledus varētu slēpt šķidru okeānu, tomēr katrs no tiem ir atšķirīgs.

PIRMO REIZI KOSMISKAIS APARĀTS KĻŪS PAR JUPITERA PAVADOŅA PAVADONI.

Piemēram, Eiropai ir novēroti ūdens tvaika izvirdumi, Ganimēds ir vienīgais planētas pavadoņs, kas uztur savu magnētisko lauku, un tālāk no Jupitera esošā Kallisto ledaīnā virsma no vienas vietas ir nosēta ar krāteriem.

JUICE ir aprīkots ar vairākiem vizuālas reģistrēšanas instrumentiem redzamajā, ultravioletajā un infrasarkanajā diapazonā, virsmas izpētei izmantos lāzera altimetru, radaru un radiosignāla eksperimentu moduli. Vidi ap kosmisko aparātu fiksēs magnetometrs, daļiņu reģistrēšanas ierīce un radioviļņu un plazmas reģistrēšanas ierīce.

JUICE enerģijas avots būs saules paneļi. Tā kā pie Jupitera Saules gaisma ir 25 reizes vājāka nekā uz Zemes, tā saules paneļu laukums ir lielāks nekā daudzām Latvijas privātmājām – 85 kvadrātmetri. Īpašs izaicinājums Jupitera apkaimē ir spēcīgā radiācija. Kosmisko aparātu orbītas plāno tā, lai izvairītos no spēcīgām radiācijas joslām, un elektronikas aizsardzībai kalpo īpaši radiācijas vairogi.

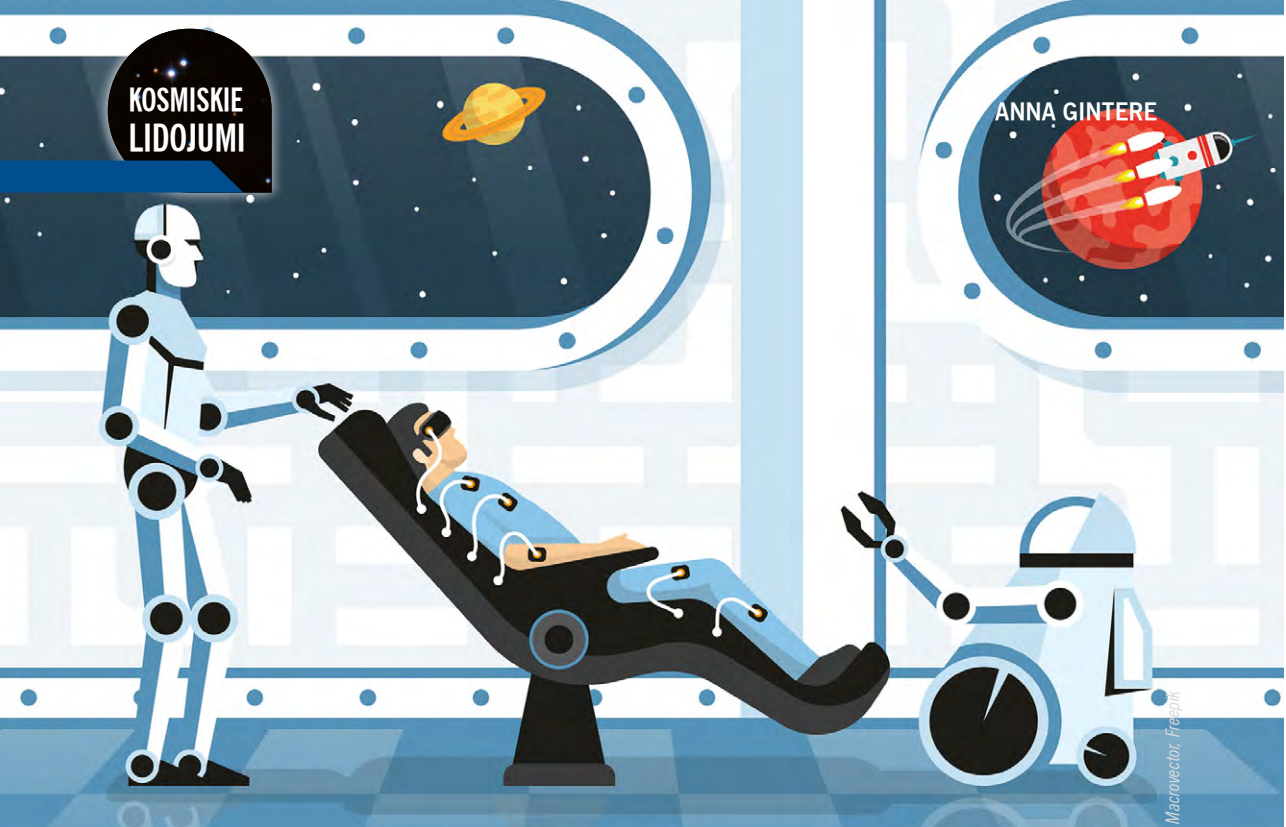
JUICE starts iezīmē *Ariane 5* izmantošanas noslēguma posmu. Kopš 1996. gada šī nesējraķete ir startējusi 116 reizes, no kurām 111 bija veiksmīgas. Nākotnes kosmiskajām misijām EKA plāno izmantot nākamās paaudzes raķeti *Ariane 6*, kas vēl ne reizi nav lidojusi. *Ariane 5* pēdējais starts būs 2023. gada vasarā, kad tai ģeostacionārā orbītā jānogādā komerciāls sakaru pavadoņs. ✎



JUICE starts ar *Ariane 5* nesējraķeti



JUICE kosmisko aparātu montē uz nesējraķetes *Ariane*



Ārkārtas medicīna kosmosā

CIK BIEŽI NEATLIEKAMĀ MEDICĪNISKĀ PALĪDZĪBA NEPIECIEŠAMA ASTRONAUTIEM LIDOJUMA LAIKĀ, UN KĀDAS IR IESPĒJAS VIŅIEM PALĪDZĒT?

Kad mums garām traucas neatliekamās medicīniskās palīdzības automašīna ar ieslēgtām bākgugunīm un skan sirēna, ir skaidrs, ka kāda cilvēka dzīvība ir apdraudēta un viņam ir nepieciešama palīdzība tagad un tūlīt. Dažkārt palīdzības brigādes ceļu līdz pacientam aizšķērso neizbraucami ceļi, pārplūdušas upes un citi šķēršļi, piemēram, nieka 400 kilometru attālums. Tas patiesi būtu

nieks, ja vien palīdzība nebūtu nepieciešama uz objekta, kas atrodas ārpus Zemes atmosfēras – Starptautiskās kosmosa stacijas.

NEDAUDZ STATISTIKAS

Kosmosā ir bijuši jau vairāk nekā 600 cilvēku. Lielākā daļa no viņiem sveiki un veseli ir atgriezušies atpakaļ uz Zemes. Statistika liecina, ka uz Zemes ārkārtas gadījumu skaits uz vienu cilvēku ir vidēji 0,06 gadījumi gadā. Līdzīgi dati ir

iegūti no ilgtermiņa kosmiskajiem lidojumiem. Antarktīdas izpētes staciju statistika par ārkārtas medicīnas palīdzības un evakuācijas nepieciešamību liecina pat par mazāku iespējamību – 0,036 gadījumi uz cilvēku vienā gadā. Ja septiņu cilvēku apkalpe dotos 2,4 gadus ilgā lidojumā uz Marsu, tad teorētiski varētu sagaidīt vienu ārkārtas gadījumu šā lidojuma laikā. Lielākā daļa medicīnisko atgadījumu kosmisko lidojumu

vēsturē, kas notikuši ārpus Zemes atmosfēras, bija nebūtiski, tie neradīja draudus veselībai un dzīvībai. Laikposmā no 1961. līdz 1999. gadam reģistrēti tikai 17 smagāki medicīniski atgadījumi.

Līdz brīdim, kad mediķu brigāde varēs sēsties kosmiskās palīdzības raķetē un, signālam mirgojot, startēt no kāda kosmodroma, vēl paies kāds laiks. Arī evakuācija kritiskās situācijās visbiežāk nebūs iespējama, jo nosēšanās pārslodzes varētu tikai pasliktināt pacienta stāvokli. Tāpēc ar medicīniskām situācijām būs jātiekas galā pašiem astronautiem.

RŪPĪGA SAGATAVOŠANĀS UN TELEMEDICĪNA

Lai arī astronautus rūpīgi atlasa, izvērtējot viņu veselības stāvokli, kā arī kosmiskie lidojumi mūsdienās ir salīdzinoši īsi, pati atrašanās kosmosā būtiski maina ķermeņa fizioloģiskos parametrus un var būt saslimšanu veicinošs faktors. Lai arī tas nav obligāti, astronautiem rekomendē pirms lidojuma atbrīvoties no organismam it kā mazsvarīgām "detalēm", kas salīdzinoši bieži izraisa ārkārtas gadījumus, piemēram, no gudrības zobiem un tievās zarnas piedēkļa. Tomēr pat vislielākā piesardzība nedod garantiju, ka apkalpei nenāksies kosmosā risināt problēmu ar sāpošu zobu vai sirdstrieku.

Astronautu apmācībā ir iekļauta medicīniskā programma, kurā astronauti apgūst ne tikai ārkārtas palīdzību,

LĪDZ BRĪDIM, KAD MEDIĶU BRIGĀDE VARĒS SĒSTIES KOSMISKĀS PALĪDZĪBAS RAĶETĒ UN, SIGNĀLAM MIRGOJOT, STARTĒT NO KĀDA KOSMODROMA, VĒL PAIES KĀDS LAIKS.

bet arī brūču apkopi, injekciju veikšanu un pat zoba izraušanu. Jāpiebilst, ka visvienkāršākā netiešā sirds masāža mikrogravitācijas apstākļos ir daudz grūtāk izdarāma nekā uz Zemes. Lai gūtu ieskatu, kā šī manipulācija jāveic lidojuma laikā, astronautus ar to iepazīstina brīvā kritiena lidojumu ar lidmašīnām un treniņu baseinos. Katrā apkalpē ir īpaša pozīcija – mediķis. Šo amatu ieņem astronauti,

kas ir izgājuši paramediķa līmeņa apmācību.

Mūsdienās, kad ar kosmiskajiem aparātiem Zemes orbītā iespējams uzturēt platjoslas sakarus, mediķi var steigties palīgā astronautiem, izmantojot telemedicīnu, ko plaši lieto arī uz Zemes. Jau apmācību laikā katrai apkalpei piešķir "kosmisko ķirurgu" – kosmosa medicīnā specializējušos mediķi, kas novēro astronautu veselības stāvokli uz Zemes un regulāri sazinās ar saviem



Apkalpe, kurā ietilpa astronauts Čells Lindgrēns (skafandrā), varēja justies droši, jo viņš ir aerokosmiskās un ārkārtas medicīnas speciālists



Ultraskaņas izmeklējumi kosmosā

pacienti, kad viņi atrodas kosmosā. Protams, līdzīgi kā jebkuram ārstam uz Zemes, kosmiskajam ķirurgam jāievēro pacienta datu neizpaušanas princips, ja vien astronauta veselības stāvoklis neapdraud lidojuma gaitu. Un tieši tāpat kā uz Zemes savstarpējā dialogā nepieciešama godīga un atklāta informācijas apmaiņa, kā arī regulāras procedūras, piemēram, ultraskaņas izmeklējumi.

Pirms dažiem gadiem, pateicoties ultraskaņas izmeklējumiem, kurus veica asinsvadu sistēmas eksperimenta laikā, kādam Starptautiskās kosmosa stacijas astronautam

konstatēja dziļo vēnu trombozi. Viņam nebija nekādu sūdzību, kā arī ģimenē šādi gadījumi nebija konstatēti. Papildu izmeklējumi, kurus veica astronauta kolēģi, izmantojot telemedicīnas konsultācijas ar radiologiem uz Zemes, apliecināja, ka jūga vēnā tiešām ir izveidojies trombs. Tā kā šis bija pirmais gadījums, kad astronautam lidojuma laikā konstatē trombozi, NASA kā konsultantu pieaicināja medicīnas profesoru Stefanu Mollu no Ziemeļkarolīnas Universitātes ASV. Tika pieņemts lēmums izmantot kosmosa stacijā pieejamos medikamentus asins šķidrināšanai.

Sastādot ārstēšanas plānu, ņēma vērā ierobežoto medikamenta daudzumu, ko varēja atjaunot tikai ar nākamo kravas kuģi. Šis gadījums uzskatāmi parāda, ka kosmiskajā lidojumā ir ierobežotas ne tikai medicīna iespējas steigties palīgā, bet arī pieejamie medikamenti un aprīkojums.

Astronauta ārstēšanās ilga vairāk nekā 90 dienas. Astronauts lietoja medikamentus. Regulāri tika veikti ultraskaņas izmeklējumi, kurus vadīja radiologi uz Zemes, kā arī astronauti sazinājās ar profesoru Mollu. Koordinētā rīcība ļāva astronautam pavadīt visu plānoto lidojuma laiku kosmosā un droši atgriezties uz Zemes. Zemei tuvajos kosmiskajos lidojumos telemedicīna un speciālistu konsultācijas ir efektīvs veids, kā risināt medicīniskas problēmas, tomēr jāņem vērā, ka, attālinoties no Zemes, sazināšanās laiks pagarināsies, un šī aizkavēšanās ārkārtas gadījumos var būt kritiska.

INFEKCIJAS PAR SPĪTI KARANTĪNAI

Kosmiskie apstākļi izmaina cilvēka organisma fizioloģiskos procesus un vājina imūno reakciju, kā arī ietekmē kosmosa kuģī sastopamo mikroorganismu uzvedību, tāpēc astronautu veselību nereti pasliktina dažādi infekciju izraisītāji. Daudzi no šiem mikroorganismiem ir plaši sastopami uz Zemes un cilvēkiem ar normālu imūno reakciju problēmas nerada. Kamēr kosmiskie lidojumi bija īsi,

”
ZEMEI TUVAJOS KOSMISKAJOS LIDOJUMOS
TELEMEDICĪNA UN SPECIĀLISTU
KONSULTĀCIJAS IR EFEKTĪVS VEIDS, KĀ
RISINĀT MEDICĪNISKAS PROBLĒMAS.

infekcijas noteikti nebija problēmu saraksta augšgalā. Gan *Mercury*, gan *Gemini* programmu laikā nebija striktas procedūras, kā samazināt apkalpes kontaktus ar citiem cilvēkiem un izslēgt saskarsmi ar slimību ierosinātājiem. *Apollo* programmā ieviesa procedūras, kuras varētu uzskatīt par apkalpes veselības stabilizācijas programmas aizmetņiem. Motivējošais faktors bija *Apollo 7* lidojums, kad apkalpei konstatēja akūtu augšējo elpceļu infekciju, kas it kā bija veiksmīgi izārstēta iepriekš.

Iegūtā pieredze noderēja, lai izstrādātu īpašu programmu gan nākamajiem *Apollo* lidojumiem, gan turpmākajiem pilotējamajiem lidojumiem. Šī programma ietver astronautu un viņu tiešo ģimenes locekļu veselības uzraudzību un izmeklējumus kopš brīža, kad astronauts ir apstiprināts lidojumam, kā arī obligāto imunizācijas kalendāru gan astronautiem, gan viņu ģimenes locekļiem. Neatņemama programmas sastāvdaļa ir karantīna pirms lidojuma, kuras mērķis ir samazināt iespējamo saskari ar infekcijas izraisītājiem. Tā ir gan astronautu mītnes īpaša apstrāde, gan samazināts kontaktpersonu loks, gan pārtikas sagatavošanas un analīzes procedūras.

Par spīti piesardzības pasākumiem, astronauti reizēm ir “noķēruši” kādu infekciju. Piemēram, *Apollo 13* astronautam Fredam Heizam lidojuma laikā attīstījās urīnceļu infekcija. Kā apliecināja analīzes, infekciju



Apollo 7 apkalpe lidojuma laikā saslima ar akūtu augšējo elpceļu infekciju. No kreisās Donns Aisels, Volters Širra un Volters Kaningems

PAR SPĪTI PIESARDZĪBAS PASĀKUMIEM, ASTRONAUTI REIZĒM IR “NOĶĒRUŠI” KĀDU INFEKCIJU. FREDAM HEIZAM LIDOJUMA LAIKĀ ATTĪSTĪJĀS URĪNCEĻU INFEKCIJA, BET VISA APOLLO 7 APKALPE SASLIMA AR AKŪTU AUGŠĒJO ELPCEĻU INFEKCIJU.

ierosināja uz Zemes bieži sastopamā *Pseudomonas aeruginosa*, kas cilvēkiem ar novājinātu imūnsistēmu var izraisīt dažādas slimības. Papildus nepatīkamajām sajūtām un intensīvajām sāpēm nieru apvidū Heizam un viņa kolēģiem vajadzēja tikt galā arī ar skābekļa tvertņu sprādzieni, kura dēļ neizdevās nosēties uz Mēness, bet nācās steidzami atgriezties uz Zemes.

Šī baktērija, kas noteikti pavadīs cilvēkus ceļojumos gan uz Mēnesi, gan Marsu, ir viena no visvairāk kosmiskajos

apstākļos pētītajām baktērijām. Tā kā ir skaidrs, ka pilnīga cilvēka organisma dezinfekcija nav iespējama, jo īpaši tāpēc, ka cilvēka mikrobioms ir neatņemama organisma sastāvdaļa, nākotnē astronautu veselības stabilizācijas programmu noteikti pilnveidos, ņemot vērā gan cilvēka organismā notiekošās izmaiņas, gan saskarē ar to esošo mikroorganismu īpašības.

ĀRKĀRTAS EVAKUĀCIJA?

Pagaidām ķirurģiskās operācijas kosmosā nav nācies



Astronauti trenējas veikt netiešo sirds masāžu

veikt, un šobrīd tas pat nebūtu iespējams, vēl vairāk neapdraudot pacienta un viņa biedru dzīvību un veselību. Taču 1982. gadā kosmosa stacijā *Saļut 7* izveidojās situācija, kad šķita, ka ķirurģiska iejaukšanās ir neizbēgama. Anatolijs Berezovojs, kurš kosmosā jau bija pavadījis vairākus mēnešus, sajuta pēkšņas sāpes vēdera kreisajā lejasdaļā. Divas dienas kosmonauts cieta briesmīgas sāpes, kuras ar pieejamajiem pretsāpju līdzekļiem neizdevās jūtami atvieglot. Saprotot situācijas nopietnību, tika

plānota ārkārtas evakuācija. Tomēr viss atrisinājās veiksmīgi. Vaininieks izrādījās neliels nierakmens. Savās atmiņās par šīm satraucošajām dienām Valentīns Ļebedevs, Berezovoja lidobjuma pārinieks, dalījies grāmatā *Diary of Cosmonaut: 211 Days in Space*.

Kā liecina pētījumi, urīnceļu akmeņu veidošanās notikusi arī citu lidojumu laikā, kad akmeņus konstatēja izmeklējums pēc lidojuma. Tik ekstrēma un veselībai bīstama situācija, kādu piedzīvoja krievu kosmonauts, nav gadījies, bet ir skaidrs, ka, pagarinoties kosmisko lidojumu ilgumam, urīnceļu akmeņi būs viena no problēmām, kurai būs jāmeklē risinājums, ja cilvēks vēlies doties tālāk prom no Zemes.

Anatolijs Berezovojs iztika bez evakuācijas, bet citam kosmonautam no tās pašas *Saļut 7* stacijas tomēr nācās doties ārkārtas braucienā uz Zemi. 1986. gadā Vladimirs Vasjutins kopā ar saviem kolēģiem ieradās stacijā. Tur bija plānots pavadīt sešus mēnešus, bet apkalpe bija spiesta atgriezties uz Zemes ātrāk, jo Vasjutins sāka sūdzēties par drudzi un nespēku, kas neļāva viņam veikt plānotos darbus. Vēlākie ziņojumi norāda uz iespējamo prostatas iekaisumu, par kuru Vasjutins esot noklusējis pārrunās ar ārstiem pirms lidojuma. Šis gadījums uzskatāmi parāda, ka pat latentā saslimšana, kas Zemes apstākļos neizpaužas un nerada nekādas problēmas, kosmiskajos apstākļos, kad cilvēka organisms saskaras ar milzīgu stresu, ir

”
1982. GADĀ KOSMOSA STACIJĀ SAĻUT 7
IZVEIDOJĀS SITUĀCIJA, KAD ŠĶITA, KA
ĶIRURĢISKA IEJAUKŠANĀS IR NEIZBĒGAMA.



Astronauta būtisko organisma parametru mērīšana uzreiz pēc atgriešanās uz Zemes

LIDOJUMS UZ MARSU VAI DZĪVOŠANA MĒNESS BĀZĒ NEBŪS IESPĒJAMA BEZ PASTĀVĪGAS MEDIĶA KLĀTBŪTNES.

būtiska problēma. Atklāta un uzticības pilna saruna ar ārstu var glābt cilvēka dzīvību ne tikai uz Zemes, bet arī kosmosā, jo īpaši, ja ārkārtas evakuācija nav iespējama, piemēram, lidojumā uz Marsu, kad kosmosa kuģi nevar kā automašīnu apgriezt un doties atpakaļ uz Zemi.

BEZ ĀRSTA NEIZTIKT

Domājot par ilgstošu uzturēšanos kosmosā, ir skaidrs, ka, līdzīgi kā uz Zemes,

profilakse ir lētākais un efektīvākais veids, kā samazināt gan nebūtiskas saslimšanas, gan iespējamās ārkārtas gadījumus. Pilnveidojot procedūras pirms lidojuma, uzlabojot astronautu veselības stāvokli un labsajūtu lidojuma laikā, risku iespējams samazināt. Tomēr šķiet, ka lidojums uz Marsu vai dzīvošana Mēness bāzē nebūs iespējama bez pastāvīgas mediķa klātbūtnes. Jo vairāk cilvēks attālināsies no Zemes un jo ilgāku

laiku atradīsies mūsu organismam neparastos apstākļos, jo vairāk profesiju, tostarp mediķu, kosmosā būs nepieciešams. Un nav šaubu, ka kosmiskajiem apstākļiem radītais medicīniskais aprīkojums un iegūtās zināšanas tiks izmantotas arī uz Zemes, sniedzot palīdzību cilvēkiem, kas kosmosā ceļo tikai savā iztēlē. ✨

Lasi vēl. Bendžamins Sprouls (*Sproule*) par ilgstošo kosmisko lidojumu medicīnu: [https://www.law.uh.edu/hjhl/volumes/Vol_19/2%20-%20Benjamin%20Sproule%20\(pp%2039-70\).pd](https://www.law.uh.edu/hjhl/volumes/Vol_19/2%20-%20Benjamin%20Sproule%20(pp%2039-70).pd)



SpaceX Starship izmēģinājuma lidojums

KAUT ARĪ STARSHIP LIDZ KOSMOSAM NETIKA,
TOMĒR IZMĒĢINĀJUMA LIDOJUMS BIJA VEIKSMĪGS. KĀ TĀ?

SpaceX

Starship uz starta platformas

KAS IR STARSHIP?

SpaceX Starship ir īpaši smagas klases orbitālā raķete, kas zemā orbītā ap Zemi spēs nogādāt līdz 150 tonnām lietderīgās kravas. Raķete būs pilnībā daudzkārt izmantojama. To veido divas pakāpes. Pirmā pakāpe ir *Super Heavy*, otrā pakāpe, kas faktiski ir arī kosmosa kuģis, ir *Starship*. Un, lai visu nedaudz "samudžinātu", abas pakāpes kopā arī sauc par *Starship*.

Raķetes diametrs ir 9 metri, augstums – 120 metri, masa kopā ar degvielu – 5000 tonnu. Pašlaik *Super Heavy* aprīkots ar 33 *SpaceX Raptor 2* atmosfēras reaktīvajiem dzinējiem, *Starship*

kosmosa kuģis – ar trim *SpaceX Raptor 2* atmosfēras (vilkme jūras līmenī ap 2200 kN) un trim *SpaceX Raptor 2* vakuuma dzinējiem (vilkme vakuumā ap 2500 kN). Pirmās pakāpes dzinēju skaitu var mainīt, jo starta brīdī tie darbojas ar 70% vilkmi. Tātad raķetes starts teorētiski iespējams pat tad, ja nedarbojas deviņi dzinēji. Strādājošo dzinēju vilkmi

palielina tā, lai raķete startētu. Te gan svarīgi, lai dzinēji nebūtu bojāti viens otram blakus, tad *Starship* apgāztos.

Raķetes vadībai izmantoto 13 centrālos dzinējus, kas ir grozāmi. Tie novirza vilkmes vektoru tā, lai lidojums būtu stabils. Šo dzinējus var iedarbināt atkārtoti. Tas nepieciešams, lai veiktu atgriešanās uz Zemes un nolaišanās manevrus, kas notiek,

STARSHIP IR PASAULĒ AUGSTĀKĀ,
JAUDĪGĀKĀ UN SMAGĀKĀ KOSMISKĀ
RAĶETE.

darbinot dzinējus. Divdesmit dzinēji, kas veido ārējo grezenu, nav kustināmi, un tos nevar iedarbināt atkārtoti. Tos palaiž starta brīdī un pēc pirmās pakāpes aktīvās lidojuma fāzes izslēdz.

Raptor dzinējos kā degvielu izmanto metānu. Šāda izvēle nav nejauša, jo *Starship* izstrādes galvenais mērķis ir lidojumi uz Marsu. Metānu salīdzinoši viegli var saražot uz Marsa, kā izejvielas izmantojot atmosfēras ogļskābo gāzi un ūdeni, un šīs vielas uz Marsa atrodamas pietiekamā daudzumā. Tātad atpakaļceļam nepieciešamā degviela nebūs jāved līdzī.

Kā jau visām kosmiskajām raķetēm, starta brīdī lielāko masu veido degviela, šajā gadījumā degviela ir metāns un oksidētājs – sašķidrināts

skābeklis. *Super Heavy* sver ap 200 tonnu, tās tvertnēs atrodas 2800 tonnu sašķidrināta skābekļa un 800 tonnu metāna. *Starship* vairākās tvertnēs kopā ir 1200 tonnu skābekļa un metāna, pats kosmosa kuģis sver 100 tonnu.

PIRMAIS MĒĢINĀJUMS

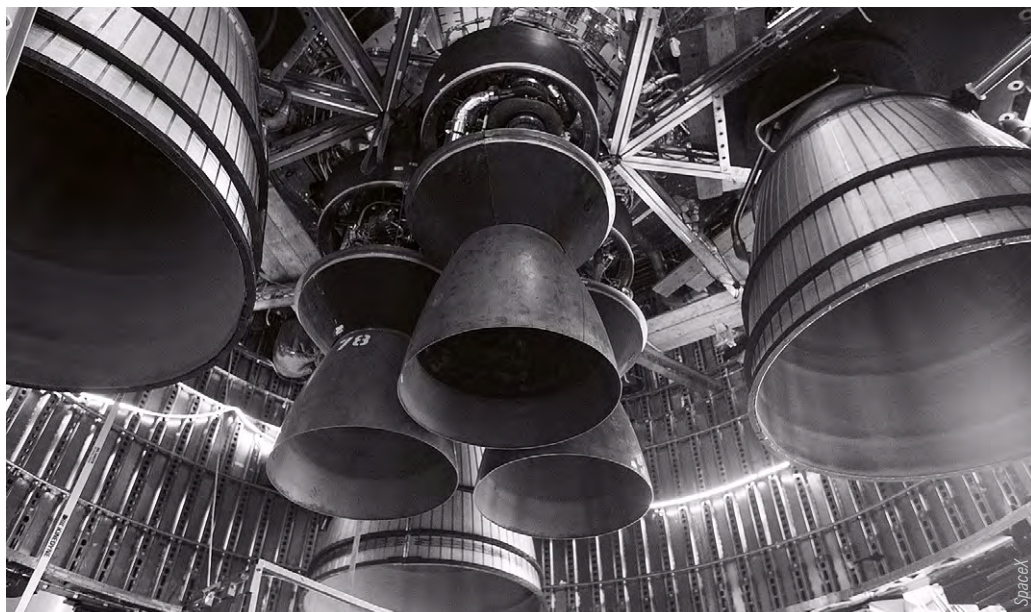
Pirmais izmēģinājums bija paredzēts 2023. gada 17. aprīlī. Sākumā viss noritēja pēc plāna. Abas raķetes pakāpes uzpildīja ar degvielu un oksidētāju. Brīdī, kad līdz startam bija palikušas astoņas minūtes, konstatētas problēmas ar spiediena regulēšanas vārstu raķetes pirmajā pakāpē. Iekustināt vārstu neizdevās, un startu nācās atlikt.

Tomēr izmēģinājums nebija veltīgs, jo *Starship* raķete līdz šim nekad nebija pilnīgi

uzpildīta ar degvielu un oksidētāju. Lidojuma vadītāji pieņēma lēmumu procesu turpināt, kamēr līdz startam būs palikušas 40 sekundes. Tādā veidā izmēģināja visu sagatavošanās procesu, nebija tikai paša starta. Nākamo mēģinājumu varēja veikt pēc divām diennaktīm, jo vajadzēja iztukšot raķeti un novērst problēmu ar iesalušo vārstu.

STARTS

Vārsta problēmu atrisināja ātri, un nākamais izmēģinājums notika jau 20. aprīlī. Šoreiz laika atskaite noritēja gludāk. Neliela aizķeršanās gadījās pēdējā minūtē pirms starta. Iemesls bija nepietiekams spiediens *Super Heavy* tvertnēs. *Starship* startu pat tad, kad tas ir pilnībā uzpildīts ar degvielu, var aizturēt



Starship otrās pakāpes seši dzinēji. Trīs centrālie ir atmosfēras dzinēji, trīs ārējie – vakuuma dzinēji. Paši dzinēji ir identiski, atšķiras to izplūdes konusa izmērs



SpaceX

Uz platformas un starta laikā raķeti iekļauj metāna un skābekļa tvaiku mākoņi

līdz 15 minūtēm. Tādas iespējas nav citai *SpaceX* raķetei *Falcon 9*, kam jāstartē uzreiz, tiklīdz pabeigta degvielas uzpilde, jo degviela un oksidētājs ātri uzsilst un nav iespējams nodrošināt nepieciešamo raķetes veiktspēju.

Spiediens *Starship* tvertnēs tika sasniegts, un laika atskaite atsākās. *SpaceX* darbinieki, kas bija sapulcējušies, lai vērotu raķetes startu, pēdējās desmit sekundes skaļā balsī skaitīja laiku līdz startam. Līdzīgi, kā to mēdz darīt, sagaidot jauno gadu. Kad iedarbojās *Starship* pirmās pakāpes dzinēji, tas vēl

nepilnas piecas sekundes stāvēja uz starta platformas, bet tad pienāca vēsturiskais mirklis, un *Starship* devās pirmajā izmēģinājuma lidojumā.

Saceļot milzīgu putekļu mākoņi un nodarot lielus postījumus starta platformai, jau dažas sekundes vēlāk *Starship* pacēlās virs starta platformas torņa. *SpaceX* pārstāvji

uzsvēra, ka viss, kas notika tālāk, ir uzskatāms par sasniegumu. Proti, izmēģinājuma lidojums par daļēji veiksmīgu tiktu uzskatīts pat tad, ja raķete uzsprāgtu uzreiz pēc pacelšanās no starta platformas.

Bet *Starship* nemaz negrasījās uzsprāgt, lidojums turpinājās pēc plāna. Tiešraidē bija redzama diagramma ar informāciju par *Starship* dzinējiem. Skatītājiem bija redzams, ka jau starta brīdī nedarbojās trīs *Raptor 2* dzinēji. Visticamāk, tos vēl uz starta platformas sabojāja atlūzas, kas radās, raķetes dzinējiem izārdot starta platformas apkārtni. Bet, kā jau teikts, tā nebija problēma, un starts turpinājās. Lidojuma gaitā no ierindas izgāja vēl vairāki dzinēji, kopumā seši.

Lidojuma 29. sekundē bija labi redzams, kā no raķetes atdalās atlūzas, kas, visticamāk, bija hidrauliskās sistēmas sastāvdaļas. Hidrauliskā sistēma nodrošina 13 centrālo dzinēju izplūdes konusu vadību un vēlāk arī *Starship* atdalīšanos no pirmās pakāpes. *Starship* sekmīgi sasniedza ātrumu un augstumu, kurā jāatdalās otrajai pakāpei. Tomēr atdalīšanās nenotika. *Starship* turpināja lidojumu un sāka kūleņot. Bija skaidrs, ka gandrīz tukšā *Super Heavy* pakāpe bija kļuvusi vieglāka, un *Starship*

TAD PIENĀCA VĒSTURISKAIS MIRKLIS, UN *STARSHIP* DEVĀS PIRMAJĀ IZMĒĢINĀJUMA LIDOJUMĀ.

”

LIDOJUMA GAITĀ NO IERINDAS IZGĀJA SEŠI RAPTOR 2 DZINĒJI, BET TAS BŪTISKI NEIETEKMĒJA PIRMĀS PAKĀPES VEIKTSPĒJU.

smaguma centrs novirzījās uz raķetes priekšgalu, padarot to nestabilu. *Starship* kūleņoja gandrīz četrus pilnus apgriezienus. Tas ir izcils sasniegums, jo lielākā daļa raķešu izjūk, pat tikai nedaudz novirzoties no plānotā kursa.

Starship sasniedza 39 kilometru augstumu un ātrumu 2150 kilometri stundā. Kad no starta bija pagājušas gandrīz četras minūtes, nostrādāja raķetes pašiznīcināšanās mehānisms, jo raķete jau ilgāku laiku bija kūleņojusi un nenotika otrās pakāpes atdalīšanās. Tāpat bija iztērēts gandrīz viss sašķidrīnātais skābeklis, kas atradās *Super Heavy* tvertnē. Raķetes pašiznīcināšanās mehānisms ir nelieli spridzekļi, kas izvietoti raķetes korpusā tā, lai tā izjuktu mazākos gabalos, jo postījumi, ko šāds milzis varētu nodarīt, nekontrolēti nogāžoties vienā gabalā, ir daudz lielāki nekā postījumi, ko nodara mazākas atlūzas.

Starship pirmajā lidojumā tika pilnīgi un sekmīgi izmēģināta raķetes pirmā pakāpe. Iespējams, ka lidojums būtu turpinājies, ja nebūtu



Starta brīdī *Starship* radīja putekļu vētru un pamatīgi izpostīja starta platformu



Starship lidojumā

starta brīdī nodarīto bojājumu, ko izraisīja starta platformas noārdīšanās milzīgās dzinēju jaudas dēļ. Šī jauda bija tiešām iespaidīga, tā gandrīz divas reizes pārsniedza Mēness lidojumu raķetes *Saturn V* pirmās pakāpes vilci.

POSTĪJUMI

No starta platformas izrautie betona gabali sabojāja netālu uzstādītās degvielas tvertnes, daudzas salīdzinoši tuvu uzstādītas videokameras un piegružoja lielu teritoriju ar betona gabaliem. Betona



Starship atlūzu mākonis, kas lielākoties iekrita okeānā



Īlons Maska Starship izmēģinājuma laikā atradās lidojuma vadības centrā

”

RAKETE ILGĀKU LAIKU BIJA KŪLEŅOJUSI, NEATDALĪJĀS OTRĀ PAKĀPE, TĀPĒC PAŠIZNĪCINĀŠANĀS MEHĀNISMS UZSPRIDZINĀJA RAKETI.

putekļi aizlidoja vairāk nekā 10 kilometru no starta platformas, Teksasas štatam piederošā parkā izcēlās ugunsgrēks, vietējie iedzīvotāji piedzīvoja mērenu zemestrīci, un dažās ēkās tika izsisti logi.

Tik lieliem postījumiem bija divi iemesli. Pirmkārt, Starship starta platformai nav sakarsēto gāzu novirzīšanas tuneļa, kas tām ļauj aizlidot no starta platformas uz sāniem. Otrkārt, vēl nebija gatava un uzstādīta īpaša, ar ūdeni dzesējama milzīga tērauda plāksne. Plāksnes uzdevums ir uztvert dzinēju karsto gāzu strūklu. Par labu startam bez plāksnes lēma tāpēc, ka tās uzstādīšana par vairākiem mēnešiem aizkavētu pirmo startu, kā arī cerēja, ka īpašais karstumizturīgais betons vienu startu izturēs.

Īlons Maska paziņoja, ka nākamais starts gaidāms pēc pāris mēnešiem. Viņa teikto var apšaubīt, jo veicamie starta platformas remontdarbi un uzlabojumi ir apjomīgi. 🛸

21. lappusē publicēto uzdevumu ATRISINĀJUMI

1. Lai pārietu no eliptiskas orbītas uz riņķveida orbītu, kosmiskajam aparātam ir jāizmaina ātrums par $v_i = v_p - v_s$, kur v_s ir ātrums areostacionārā (riņķveida) orbītā. Ja kosmiskais aparāts ap planētu kustas pa riņķveida orbītu, uz to darbojas centrālās spēks $F_c = ma$, kur m – pavadoņa masa, a – centrālās paātrinājums. Centrālās paātrinājumu apraksta šāda mehānikas formula $a = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$, kur R – orbītas rādiuss, T – apriņķošanas periods. Uz pavadoņi darbojas arī gravitācijas spēks $F_g = \frac{GM_M m}{R^2}$. Attiecībā pret pavadoņi šie spēki ir līdzsvarā, t. i., $F_c = F_g$, no kurienes iegūstam pavadoņa areostacionārās orbītas rādiusu $R = \sqrt[3]{\frac{GM_M T_M^2}{4\pi^2}} = 20\,425$ km. Pavadoņa ātrums šajā orbītā $v_s = \frac{2\pi R}{T_M} = 1448$ m/s. Lai kosmiskais aparāts, eliptiskās orbītas pericentrā pārejot riņķveida orbītā varētu izmainīt ātrumu par $v_i = 552$ m/s, tam ir jāsadedzina degvielas daudzums, kura masa $m_i = m_s - m_b$, kur m_b ir kosmiskā aparāta masa pēc manevra veikšanas. Ātruma un degvielas izmaiņas saista formula $v_i = -v_g \ln \frac{m_s}{m_b}$, no kuras iegūstam pavadoņa masu pēc manevra veikšanas: $m_b = m_s e^{\frac{v_i}{v_g}} = 2450$ kg.

2. Noteiksim pavadoņa *Telegate* ģeostacionārās orbītas rādiusu R_g , kas saskaņā ar uzdevuma nosacījumiem atbilst pavadoņa eliptiskās orbītas apogejam. Ģeostacionāra pavadoņa apriņķošanas periods sakrīt ar Zemes apriņķošanas periodu. Orbītā uz pavadoņi ar masu m darbojas centrālās spēks $F_c = ma = \frac{mv^2}{R_g} = \frac{4\pi^2 R_g m}{T_g^2}$, kas ir līdzsvarā ar gravitācijas spēku $F_g = \frac{GM_Z m}{R_g^2}$. No vienādības $\frac{4\pi^2 R_g m}{T_g^2} = \frac{GM_Z m}{R_g^2}$ iegūstam, ka $R_g^3 = \frac{GM_Z T_g^2}{4\pi^2}$ un $R_g \approx 42\,223,4$ km. Novērtēsim pavadoņa pašreizējo apriņķošanas periodu. Atbilstoši uzdevuma nosacījumiem tas ir mazāks par 24 stundām, bet lielāks par 12 stundām. Laika starpība starp diviem nakts laikā novērotajiem perigejiem ir $71^{\text{h}}40^{\text{m}}$. Lai apriņķošanas periods būtu mazāks par 24 stundām, pavadoņim no 10. aprīļa līdz 13. aprīlim būtu bijis jāveic vairāk nekā trīs apriņķojumi. Četri apriņķojumi neder, jo tad apriņķošanas periods ir $17^{\text{h}}55^{\text{m}}$ un pavadoņi būtu novēroti 12. aprīlī pirms plkst. 8.00. Uzdevuma nosacījumiem atbilst piecas apriņķošanas reizes, jo tad tieši 13. aprīlī plkst. 1.40 ir pirmā atkārtotā *Telegate* novērošanas reize. Pavadoņa apriņķošanas periods $T_p = 14^{\text{h}}20^{\text{m}}$ jeb 51 600 s. Aprēķināsim pavadoņa orbītas lielo pusasi a_p . Saskaņā ar trešo Keplera likumu $\frac{R_g^3}{a_p^3} = \frac{T_g^2}{T_p^2}$ un $a_p = \sqrt[3]{\frac{R_g^3 T_p^2}{T_g^2}} \approx 29\,999,6$ km. Eliptiskas orbītas apogēja attālumu, kas atbilst *Telegate* ģeostacionārās orbītas rādiusam, lielo pusasi un ekscentricitāti saista šāda sakarība: $R_g = a_p(1 + e)$. Līdz ar to *Telegate* orbītas ekscentricitāte $e = \frac{R_g}{a_p} - 1 \approx 0,408$.

3. Teleskopa leņķiskā izšķirtspēja (radiānos) ir atrodama, izmantojot formulu $\alpha = 1,22 \frac{\lambda}{D}$, kur D ir teleskopa objektīva diametrs. Šis leņķis nedrīkst būt lielāks par sagaidāmo leņķisko izšķirtspēju $\alpha' = \sin \alpha' = \frac{d}{R - R_Z}$, kur $R - R_Z$ ir attālums līdz Zemes virsmai nādīra virzienā ($R_Z = 6380$ km ir Zemes rādiuss). Vienādojot abas izšķirtspējas, iegūstam, ka minimālais teleskopa diametrs $D = 1,22 \frac{\lambda}{d} (R - R_Z)$. Skaitliski $D = 1,22 \frac{0,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}}{0,45 \text{ m}} (6,83 \cdot 10^6 \text{ m} - 6,38 \cdot 10^6 \text{ m}) = 0,61 \text{ m}$, t. i., $D = 61$ cm.

Koks pavadoņu būvē

DOMĀJOT PAR KOSMISKAJIEM APARĀTIEM, PARASTI IZTĒLOJAMIES KOMPLICĒTAS METĀLA KONSTRUKCIJAS. BET VAI SATELĪTUS VAI VISMĀZ TO DAĻAS VARĒTU IZGATAVOT NO KOKA?

Satelīts WISA Woodsat kosmosā mākslinieka skatījumā

Arctic Astronautics

Somu uzņēmums *Arctic Astronautics* šo ideju ir īstenojis, uzbūvējot pirmo Zemes mākslīgo pavadoņi, kura korpuss ir daļēji veidots no koka saplākšņa. Lai uzzinātu vairāk, sazinājāties ar *Arctic Astronautics* pārstāvi Jari Mekinenu (*Mäkinen*).

IDEJAS DZIMŠANA

Uzņēmums *Arctic Astronautics* izveidots ar Somijas Ālto Universitātes biznesa inkubatora atbalstu. Arī pirmie Somijas satelīti tapuši šajā universitātē. Orbītā palaisti jau četri seit izstrādāti

pavadoņi. Ideja par nelielu pavadoņu izstrādi radās Somijas simtgades pavadoņa *Suomi 100* tūrē. Tās laikā interesenti varēja pašrocīgi piedalīties neliela pavadoņa būvēšanā. Katrā pieturvietā darbu turpināja no vietas, kur iepriekšējā tas bija pārtraukts. Tā pamazām uzbūvēja funkcionējošu pavadoņi. Lielo izmaksu dēļ to nepalaida orbītā, bet lidojumu ar stratosfēras balonu tas veica godam.

Šis notikums radīja lielu Somijas skolēnu un kosmosa entuziastu interesi. Daudzi vēlējās izmēģināt spēkus

pavadoņu būvē. Lai šo interesi apmierinātu, tapa pavadoņu konstruktors *Kitsat* (*kitsat.fi*). *Kitsat* būvei izmanto tādas pašas detaļas kā pavadoņos, kurus palaiž kosmosā, bet bez sertifikācijas. Tomēr pavadoņi var uzbūvēt, iedarbināt un ar balonu palaist stratosfērā. Turklāt, izmantojot sertificētas detaļas, *Kitsat* varētu nogādāt arī orbītā.

Pavadoņa izmērs ir viena vienība jeb 1U, kas ir nanopavadoņu izmēra standarta mērvienība. 1U izmērs ir 10 × 10 × 10 centimetri, svars nedrīkst pārsniegt divus

kilogramus. Attiecīgi 2U izmēru nanopavadonis ir 20 centimetrus garš un sver mazāk par 4 kilogramiem. Populārākais nanopavadoņu izmērs ir 3U, tas ir 10 x 10 x 30 centimetri, un svars nepārsniedz 6 kilogramus.

KOKS PAVADOŅU BŪVĒ

Kādā brīdī somiem radās ideja, ka pavadoņu būvē varētu izmantot koku. Papildu stimulš bija 2020. gadā izskanējusi ziņa, ka japāņi grāsās būvēt koka pavadoni. Zināms, ka japāņu pavadoņa palaišana orbītā varētu notikt 2023. gadā. Pavadoņu būvē jau izmanto kompozītmateriālus, kas faktiski ir vairāku slāņu loksnes, ko lieto dažādu detaļu izgatavošanā. Finieris arī ir kompozītmateriāls, tikai veidots no koka.

Protams, finiera izmantošanai ir zināmas grūtības. Koks, kā zināms, labi absorbē mitrumu, un finieris izdala dažādas gāzes. Ar finiera izmantošanu saistītos jautājumus palīdzēja atrisināt somu finiera ražotājs *UPM Plywood*. Viņiem ir liela pieredze finiera ražošanā un izmantošanā industriāliem mērķiem, turklāt viņi bija ieinteresēti sadarboties pavadoņa izstrādē.

Pirms finieri izmanto pavadoņa būvei, to diennakti notur vakuuma kamerā, lai samazinātu turpmāko gāzu un mitruma izdalīšanos. Kad tas paveikts, koku pārklāj ar dažas molekulas biezu alumīnija kārtu. Tas pasargā finieri no ārējās vides ietekmes. Somu projekts ieinteresēja arī

PĀRBAUDES APLIECINĀJA, KA FINIERIS IR PIEMĒROTŠ PAVADOŅU BŪVEI, DAŽĀ ZIŅĀ PAT LABĀKS PAR PLASTMASU.

Eiropas Kosmosa aģentūru, jo viens no tās mērķiem ir veicināt biomateriālu izmantošanu kosmosa apgūvē. *Arctic Astronautics* uz aģentūras materiālu un elektrisko komponentu laboratoriju nosūtīja finiera paraugus. Veiktās pārbaudes apliecināja, ka materiāls patiešām ir piemērots pavadoņu būvei, īpašību ziņā pat tehniski labāks par dažiem plastmasas veidiem.

Koka pavadonim dots nosaukums *WISA Woodsat*. Tajā uzstādīta mini laboratorija, kas pēc pavadoņa palaišanas orbītā fiksēs, vai no finiera izdalās kādas gāzes un kādas

tās ir. Lai labāk novērtētu to, kā finieris kosmosā maina vizuālo izskatu, pavadonis aprīkots ar improvizētu selfiju stieni. Pēc nonākšanas orbītā tas izbīdīsies un dos iespēju vizuāli novērot pavadoni. Tādējādi varēs redzēt, vai finierī veidojas plaisas, vai tas maina krāsu utt. Pavadoņa ārpusē izvietots atomārā skābekļa detektors, kas ir tapis Tartu Universitātē. Atomārais skābeklis ir ķīmiski aktīvs un bojā pavadoņu materiālus.

Pavadonis ir gatavs, un tam ir veiktas nepieciešamās pirmsstarta pārbaudes. Atliek vien sagaidīt startu.

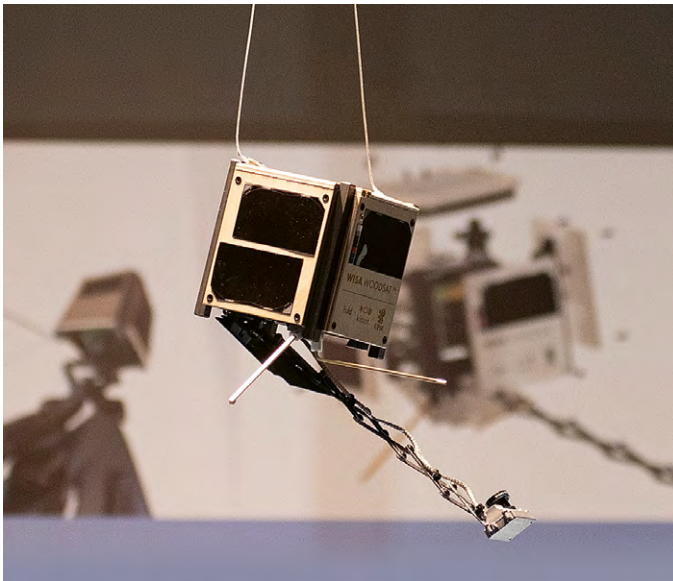


Pavadonis *Woodsat* un finiera loksnes Jari Mekinena rokās



Arctic-Astronautics

Pavadoņa Woodsat uzbūve



Raitis Miša

Latvijas Nacionālajā vēstures muzejā bija iespējams apskatīt Arctic Astronautics radītā satelīta Woodsat modeli

PALAIŠANA

WISA Woodsat palaišana bija plānota ar Rocket Lab Electron raķeti. Pavadoņa startu aizkavēja neveiksmīgais BlackSky-10 un BlackSky-11 pavadoņu palaišanas mēģinājums 2022. gada

maijā, kad raķetes Electron otrās pakāpes kļūmes dēļ abi pavadoņi tika zaudēti. Tam, protams, sekoja izmeklēšana un turpmāko startu kavēšanās. Šā brīža plāni paredz, ka Woodsat startēs 2023. gadā, divus gadus vēlāk, nekā

TOP PROJEKTI,
KAS PAREDZ
KOKU IZMANTOT
DŽĪVOJAMO
KOSMOSA MODUĻU
APDARĒ.

plānots sākotnēji, kopā ar citiem nanopavadoņiem.

NĀKOTNES IESPĒJAS

Šobrīd kosmosā īpaši neplāno izmantot koku. Pirmām kārtām ir svarīgi sagaidīt Woodsat lidojuma rezultātus. Tomēr ir projekti, kas paredz finiera un arī koka izmantošanu dzīvojamo kosmosa moduļu apdarē. Daļēji tāpēc, ka koks kā apdares materiāls ir psiholoģiski patīkams. Cita laba koka īpašība ir tā, ka tas diezgan labi aiztur kosmisko radiāciju. Vēl vairāk – ja koka vairogā trāpa augstas enerģijas daļiņa, tā nerada papildu starojumu, kā tas ir, piemēram, ar alumīniju. Alumīnija detaļas šādā gadījumā izstaro tā saukto sekundāro radiāciju.

Iespējams, ka nākotnē finieri izmantos pavadoņos ar salīdzinoši nelielu kalpošanas ilgumu. Tas ļaus samazināt kopējās izmaksas un, pavadonim sadegot atmosfērā, radīs mazāku kaitējumu atmosfērai, jo finiera pavadonis sadegs labāk un radīs mazāk izmešu nekā pavadonis, kas izgatavots no alumīnija sakausējuma. ✎

Zemes magnētiskais lauks ar CrowdMag

MOBILĀ LIETOTNE CROWDMAG VEIC ZEMES MAGNĒTISKĀ LAUKA MĒRĪJUMUS UN TOS REĢISTRĒ KOPĒJĀ DATUBĀZĒ.



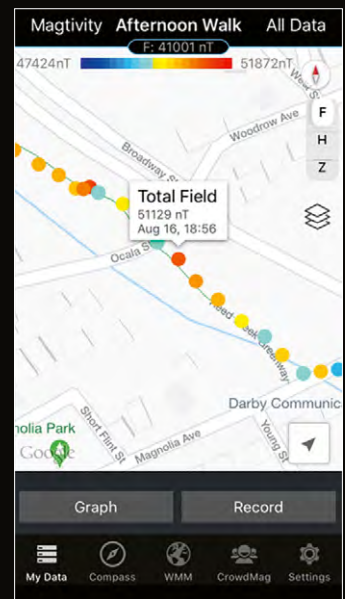
CrowdMag ir brīv-
pieejas lietotne
Android un iOS tāl-
runiņiem, to var lejup-
ielādēt no GooglePlay vai
Apple iTunes store vietnes.

CrowdMag izstrādājuši ASV Nacionālās Okeānu un atmosfēras administrācijas (NOAA) zinātnieki. Viņi grib izveidot jaunu Zemes magnētiskā lauka modeli, kura tapšana piedalās plaša sabiedrības daļa jeb brīvprātīgie pētnieki ar saviem mobilajiem tālruniņiem, kuros ir iebūvēts magnētiskā lauka mērīšanas sensors. Pēc lietotnes instalēšanas un palaišanas ir svarīgi nospiegt ieraksta (Record) pogu. Šajā laikā jums jāatrodas ārā un kustībā. Turpmākā reģistrācija notiek automātiski. Ik pēc 10 sekundēm notiek magnētiskā lauka mērījums. Katram mērījumam

reģistrē precīzu laiku, novērojumu vietas ģeogrāfiskās koordinātas, pilno magnētiskā lauka intensitāti un tā horizontālo un vertikālo komponenti. Mērījumi parādās kā dažādas krāsas punkti kartē.

Kad esat pabeidzis magnētiskās kartēšanas aktivitāti, kas lietotnē saukta par *Magtivity*, jānospiež pauzes poga. Visi mērījumi tiek saglabāti mobilajā tālrunī, un tiem ir jāpiešķir nosaukums. Kad nospiežat Save poga, rezultātus automātiski nosūta uz NOAA. Lietotnes iestatījumos varat izvēlēties, vai sūtīšanai izmantot mobilo tīklu, *Wi-Fi* vai abus.

Šāds koprades darbs palīdz precīzāk kartēt un labāk izziņāt mūsu planētas magnētisko lauku, kas arvien mainās. Aktualizēts pasaules magnētiskais modelis ir



nepieciešams daudzās tautsaimniecības nozarēs, piemēram, navigācijā. Turklāt katrs projekta dalībnieks varēs būt lepns par savu ieguldījumu. 🗺️



Brīvības attēls

Asteroīds un zvaigzne, mākslinieka zīmējums

Asteroīds *Virtus* aizklāj zvaigzni

ASTEROĪDA *HYPERBOREA* NEVEIKSMĪGIE NOVĒROJUMI ĻĀVA IEGŪT PIEREDZI, KAS NODERĒJA, VĒROJOT, KĀ ASTEROĪDS *VIRTUS* (494) AIZKLĀJ ZVAIGZNI. TAS LATVIJĀ IR PIRMAIS ASTEROĪDA OKULTĀCIJAS NOVĒROJUMS.

PRIEKŠVĒSTURE

Kopš 2021. gada Latvijas Astronomijas biedrība plānoja veikt asteroīdu okultāciju (aizklāšanas) novērojumus Latvijas teritorijā (skatīt rakstā *Vaļasprieks – mūsdienīgi asteroīdu novērojumi*, žurnāls *Zvaigžņotā Debess*, 2021/2022, Ziema). 2022. gada 23. augustā trīs

novērotāji mēģināja novērot 9,5 zvaigžņlieluma zvaigznes aizklāšanu ar asteroīdu *Hyperborea* (skatīt rakstu *Hyperborea ēnas mēdības*, žurnāls *Zvaigžņotā Debess*, 2022/2023, Ziema). Rezultāts diemžēl bija negatīvs (zvaigzne un asteroīds tika novēroti, bet aizklāšana nenotika), tomēr tika

iegūta vērtīga pieredze un arī motivācija veikt veiksmīgu novērojumu Latvijā.

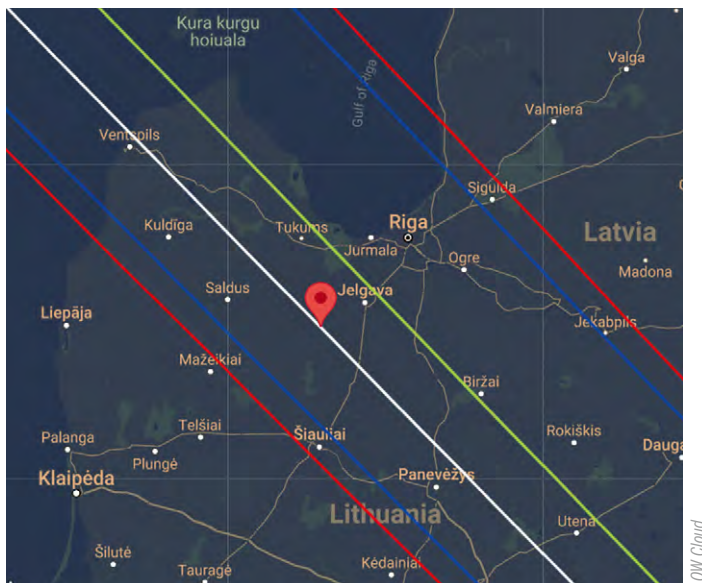
NOVĒROJUMU PLĀNOŠANA

Pēc *Hyperborea* es regulāri sekoju potenciālajiem aizklāšanas notikumiem Latvijā. Lai droši novērotu zvaigznes aizklāšanu, ir svarīgi atlasīt tādas notikumus, kad zvaigzne

ir pietiekami spoža (vismaz 10. zvaigžņlielums), asteroīda ēnas josla pietiekami plata (vairāki desmiti kilometru) un aprēķinātais notikuma ilgums ir pietiekami liels (vismaz dažas sekundes). Tomēr šādi notikumi Latvijas teritorijā nav pārāk bieži (dažas reizes gadā). Līdz ar to nolēmu, ka vērts mēģināt aplūkot arī vājāk spīdošas zvaigznes, līdz 12.–13. zvaigžņlielumam. Šādi notikumi, kad asteroīdu ēnas josla šķērso Latviju, ir gandrīz ik pēc dienas. Lielākā daļa no tiem tomēr atbilst maziem asteroīdiem, kuru ēnas josla ir šaurāka par 10 kilometriem un kuru ilgums ir mazāks par sekundi.

Tāpat ir svarīgi, lai debess notikuma laikā ir skaidra, vēlams arī, lai nebūtu jādodas tālā braucienā. Līdz ar to nolēmu, ka izvēlēšos tikai tādus notikumus, kad dažas dienas iepriekš prognozē skaidru laiku. Skaidra debess 2022./2023. gada rudenī un ziemā nebija sevišķi bieži, un vairākas potenciālas aizklāšanas novērojumu reizes gāja secen mākoņu dēļ.

Bija zināms, ka 2023. gada 19. februārī asteroīds *Virtus* (494) aizklās 11,8 zvaigžņlieluma zvaigzni TYC 1947-00079-1. Šis asteroīds atrodas galvenajā asteroīdu joslā, ir relatīvi spožs un liels. Tā diametrs ir apmēram 90 kilometru, arī ēnas joslas platums bija liels – 101 kilometrs. Aprēķinātais ēnas joslas centrs gāja pāri Latvijas teritorijai aptuveni pa līniju Bauska–Jelgava–Tukums–



Asteroīda *Virtus* sagaidāmā ēnas josla 2023. gada 19. februārī. Atzīmēta novērojumu vieta

Talsi–Mazirbe. Aprēķinātais aizklāšanas ilgums bija 9,4 sekundes. Nakts bija skaidra, ar nelielu salu. Es veicu aizklāšanas novērojumu Dobeles novada Kroņaucē. Paredzamais aizklāšanas laiks novērojumu vietā bija 04:37:02 pēc Latvijas ziemas laika, aizklājamā zvaigzne atradās apmēram 27 grādus virs horizonta. Asteroīda zvaigžņlielums ir 13,9, līdz ar to bija sagaidāms, ka kopējais spožums aizklāšanas laikā samazināsies par apmēram 2,2 zvaigžņlielumiem.

METODIKA UN REZULTĀTI

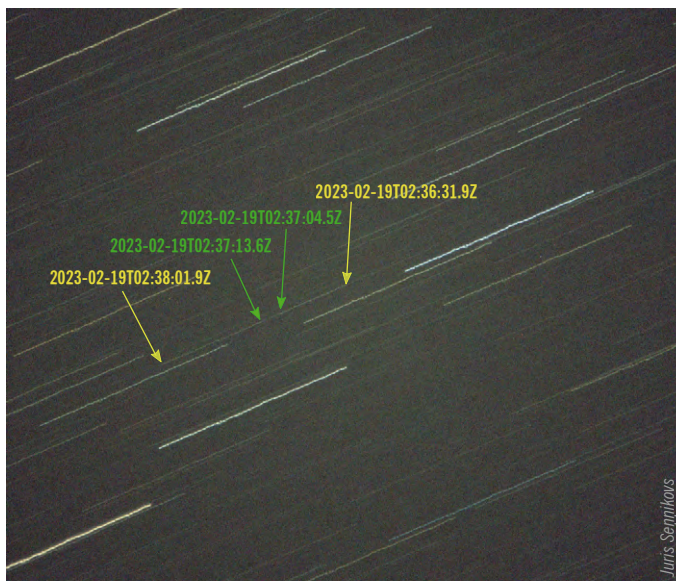
Tā kā aizklājamā zvaigzne ir relatīvi vāji spīdoša un tās atrašana redzeslaukā varēja radīt problēmas, novērojuma laikā izmantoju datorizētu montējumu ar mini datora vadību. Vadībai izmantoju astrotrofotografēšanas un vadības

brīvpieejas programmatūru *N.I.N.A. (Nighttime imaging 'N' astronomy)*. Programma spēj vadīt datorizēto montējumu (*iOptron GEM28*), kameru (*ZWO ASI 533MC Pro*), kā arī ļauj pieslēgt zvaigžņu atpazīšanas programmas (es lietoju programmu *ASTAP*). Šāda kombinācija ļauj relatīvi vienkārši uzstādīt kameru uz vajadzīgo debess punktu. Mana objektīva *Tamron 150-600 mm f/5.6-6.3* atveres diametrs ir apmēram 96 milimetri. Tas nav pietiekams, lai aizklājamās zvaigznes aptumšošanu uzņemtu video režīmā. Līdz ar to es līdzīgi kā asteroīda *Hyperborea* gadījumā izmantoju zvaigžņu ceļa metodi (*drift scan*), iegūstot zvaigznes ceļu ar 90 sekunžu ekspozīciju, ar apturētu sekošanas iekārtu. Attēla ekspozīcijas sākuma momentu

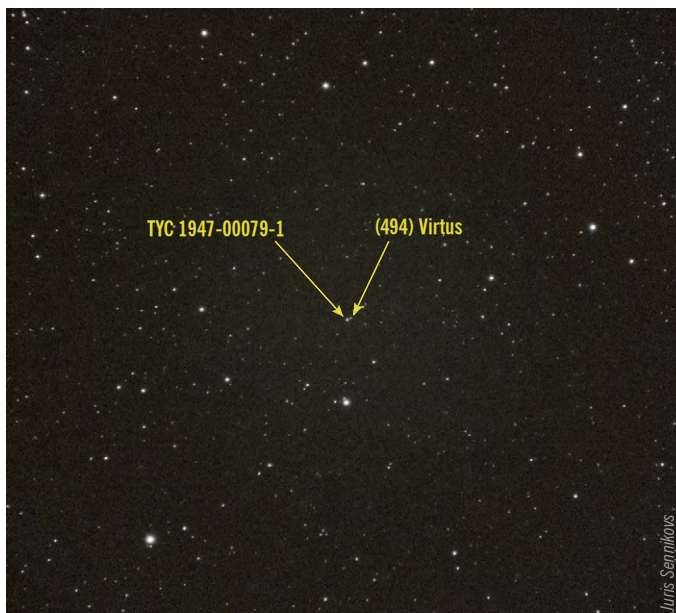
programmatūra ieraksta attēla metadatos no vadības datora pulksteņa, kas pirms novērojuma tika sinhronizēts ar laika (NTP) serveri. Tā kā ar datoru vadāmai kamerai nav mehāniska slēdža, zvaigžņu ceļa laika atskaites noteikšanai nav iespējams lietot audioierakstu, kas sinhronizēts ar radio pulksteni, kā to darīju *Hyperborea* gadījumā.

Aptuveni stundu pirms un pēc novērojuma uzņemu attēlu ar vienu minūti ilgu ekspozīciju. Šādās ekspozīcijās, protams, nevar novērot zvaigznes aptumšošanas, tomēr šādos attēlos var redzēt gan zvaigzni, gan asteroīdu. Pirms novērojuma iegūstot vairākus šādus attēlus, pārliecinājos, ka redzeslaukā netālu no aptumšojamās zvaigznes ir asteroīds *Virtus*, kas starp kadriem pārvietojas. Vēlāk, pēc apstrādes laikā kombinējot kadrus, ieguvu nelielu laiklēciena video, kas demonstrē asteroīda pārvietošanos pret zvaigznēm.

Zvaigžņu ceļa attēlā bija redzams spilgtuma kritums. Aplūkojot šo attēlu, uzreiz sapratu, ka varētu būt fotogrāfiski novērojais aizklāšanu. Apstrādājot uzņemto attēlu, izveidoju gaismas intensitātes izmaiņu grafiku, to piesaistīju laika skalai attiecībā pret attēla uzņemšanas sākuma momentu. Šāda apstrāde ļauj noteikt aptumšošanas sākuma un beigu laika momentus un ilgumu. Iegūtie parametri aptuveni atbilda prognozētajiem. Līdz ar to guvu pārliecību, ka aizklāšanas novērojums ir veikts.



Zvaigžņu ceļi aizklāšanas laikā 90 sekunžu garumā. Parādīti zvaigžņu ceļu un aizklāšanas sākuma un beigu laiki

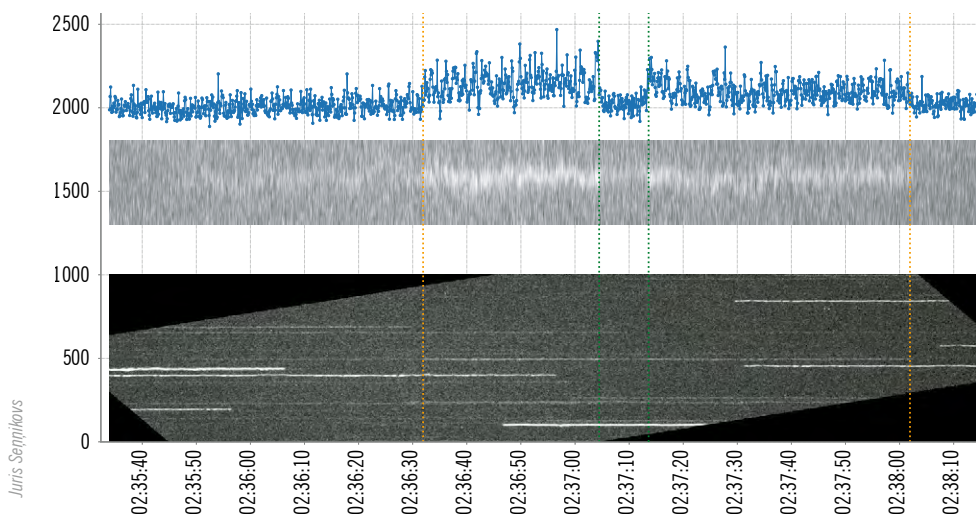


Zvaigzne TYC 1947-00079-1 un asteroīds *Virtus* 40 minūtes pirms aizklāšanas

ZIŅOJUMS PAR NOVĒROJUMU

Savu novērojumu iesniedzu Starptautiskās Okultāciju hronometrāžas asociācijas (IOTA) Eiropas

nodaļai (IOTA-ES). Sākot ar 2023. gadu, IOTA-ES uztur jaunu ziņošanas platformu *SODIS* (<https://sodis.iota-es.de/>). Tajā var iesniegt savus



Zvaigznes gaismas intensitātes izmaiņas atkarībā no novērojuma laika. Var redzēt arī zvaigžņu ceļus un pārtraukumu aptumšotās zvaigznes ceļā (UTC)

aizklāšanu novērojumus, norādot asteroīda un zvaigznes nosaukumu, novērojumu metodi un izmantotās iekārtas, novērojumu vietas koordinātas, novērošanas sākuma un beigu laiku, pozitīva novērojuma gadījumā – arī aptumšošanās sākuma un beigu laiku. Tāpat jānovērtē laika noteikšanas kļūda. Jāpievieno laika skalai piesaistīts gaismas intensitātes izmaiņu grafiks (*light curve*). Pēc ieviešanas sistēmā novērojumu recenzē pieredzējuši novērotāji, pēc pieprasījuma jāsniedz atbildes un jāiesniedz papildu materiāli. Mans novērojums izgāja recenzēšanu, un tas atrodams šajā vietnē (<https://sodis.iota-es.de/view/?u=762>). Diemžēl neviens cits novērotājs Eiropā un pasaulē asteroīda *Virtus* aizklāšanu šajā dienā nebija novērojis, līdz ar to asteroīda formu tikai no mana

novērojuma vien nevar noteikt. Novērojumu var arī aplūkot aizklāšanas novērojumu aprēķina un analīzes programmā *Occult* (<http://www.lunar-occultations.com/iota/occult4.htm>).

SECINĀJUMI

Gandarījums par manu pirmo pozitīvo novērojumu, protams, ir liels, tas kompensē nelielo vilšanos pēc *Hyperborea* un ļauj novērtēt arī negatīvu novērojumu svarīgumu. Tāpat kļūva skaidrs, ka jāmēģina novērot arī ne tik spilgtas zvaigznes, lai paplašinātu aizklāšanas notikumu klāstu. Tas ļauj elastīgāk plānot laiku un pieskaņoties meteoroloģiskajiem apstākļiem. Bet, novērojot vājāk spīdošas zvaigznes, daudz lielāka uzmanība jāpievērš novērojumu metodikai un iekārtām. Ar zvaigžņu ceļu metodi un esošajām

iekārtām es nevarētu novērot zvaigznes, kas ir vājākas par 12. zvaigžņlielumu. Tāpat ar šādu metodi ir neiespējami novērot īsus notikumus. Mūsdienās novērotāji pozitīvos aizklāšanas novērojumus pārsvarā veic ar filmēšanas metodi. Šādā gadījumā, lai novērotu 11.–12. zvaigžņlieluma zvaigznes aptumšošanās, ir nepieciešams teleskops ar pietiekami lielu objektīva diametru (150 mm vai – labāk – 200 mm). Filmēšana ļauj novērot arī īsus notikumus.

Kopumā asteroīdu okultāciju novērojumi ir interesants veids, kā papildināt savas novērošanas prasmes un potenciāli palīdzēt astronomijas zinātnei. Cerams, ka arī turpmāk Latvijā veiksīm šādus novērojumus, un gaidīsim pirmos aizklāšanas novērojumus, ko veiks vairāki novērotāji vienlaikus. 🦉

Komēta lietpratējiem

Komēta C/2022 E3 (ZTF) uz zvaigžņu fona. *Nikon* 500 mm objektīvs, *Canon* 6D kamera, EQ3–2 montējums, katra atsevišķā ekspozīcija 76 sekundes, grēdotas 46 fotogrāfijas

2023. GADA SĀKUMĀ ASTRONOMIJAS AMATIERU REDZESLOKĀ NONĀCA KOMĒTA C/2022 E3 (ZTF). NE VISIEM BIJA PA SPĒKAM TO NOVĒROT, UN ARĪ PRIEKŠ NEBIJA ILGS. TOMĒR VAIRĀKIEM VAĻASPRIEKA ASTRONOMIEM LATVIJĀ IZDEVĀS TO LIELISKI NOFOTOGRAFĒT.

Ik pa dažiem gadiem pie Latvijas debess parādās kāda pietiekami spoža komēta. Piemēram, 2020. gada vasarā tāda bija C/2020 F3 NEOWISE komēta (skatīt *Zvaigžņotās Debess* 2020. gada rudens numuru), 2021. gada decembrī – C/2021 A1 *Leonard* (skatīt *Zvaigžņotās Debess* 2022. gada pavasara numuru). Pārsvarā komētas ir

attālas, blāvas un saskatāmas tikai fotogrāfijās. Retāk parādās komētas, kas lieliski saskatāmas ar neapbruņotu aci. Un ik pa dažiem gadiem trāpās tādi kā robežgadījumi. It kā komēta atrodas pie debess izdevīgā pozīcijā, tomēr bez binokļa vai fotoaparāta nekas īsti nav saskatāms.

Tieši tā notika ar komētu C/2022 E3 (ZTF), kas nonāca perihēlijā 2023. gada

12. janvārī. 1. februārī tā atradās 0,28 astronomisko vienību attālumā no Zemes, tomēr sasniedza tikai 5.–6. zvaigžņlielumu, liedzot iespēju to pamanīt kādam nejaušam debess vērotājam vai vaļasprieka astronomam bez tehniskā aprīkojuma. Teleskops tās novērošanai nebija īsti nepieciešams, bet fotoaparāts ar garfokusa objektīvu un atbilstošs statīvs gan.

Komētu atklāja 2022. gada 2. martā ar debess apskata iekārtu ZTF (*Zwicky Transient Facility*), kas uzstādīta Palomara observatorijā Kalifornijā, ASV. ZTF reģistrē tādus debess objektus, kas būtiski maina spožumu (pārnovas, mainzvaigznes) vai pārvietojas pie debess (komētas, asteroīdi). Līdz ar to šī nebija pirmā komēta, kura pēc atklāšanas ieguva abreviātūru ZTF.

C/2022 E3 (ZTF) ir izteikta ilgperioda komēta. Tās apriņķošanas periods ir apmēram 50 000 gadu, un afēlijs atrodas apmēram 2800 astronomisko vienību attālumā. Tās orbītas slīpums pret ekliptiku bija liels (109°), tāpēc komētu varēja redzēt pie Latvijas debess vairākus mēnešus, tiesa, ērto novērojamu periods bija krietni īsāks.

NOVĒROJUMI LATVIJĀ

Viens no 2022./2023. gada ziemas izaicinājumiem bija noķert brīdi, kad naktī ir skaidra debess. Janvāra beigās un februāra sākumā bija tikai dažas tādas iespējas, kas arī atšķīrās dažādās Latvijas vietās. Seko triju Latvijas vaļasprieka astronomu stāsti par komētas novērojumiem.

Juris Senņikovs:

Retajos brīžos, kad debesis bija skaidras, bieži nācās fotografēt caur augšējiem mākoņiem vai dūmaku. Tomēr vismaz kādu komētas uzņēmumu izdevās iegūt 10 gadījumos. Komētas fotografēšanu sāku 2022. gada 24. decembrī, kad tās spožums bija aptuveni

8. zvaigžņlielums. Tā atradās Ziemeļu Vainaga zvaigznājā un veidoja tādu kā papildu spožu punktu Ziemeļu Vainaga zvaigžņu virtenē. Viens no interesantākajiem momentiem bija naktī no 2023. gada 21. uz 22. janvāri, kad izdevās nofotografēt tā saukto komētas antiasti. Šāds efekts veidojas, kad Zeme atrodas komētas orbītas plaknē. Uz neilgu laiku daļa komētas putekļu astes, kas atrodas tuvāk komētas orbītai, skatoties no Zemes,

izskatās vērsta Saules virzienā. 2023. gada 6. februārī komēta debessjumā atradās tuvu komētai C/2022 U2 (*Atlas*).

Jānis Šatrovskis:

Šī ir mana desmitā fotogrāfijās iemūžinātā komēta. Divdesmit gadu laikā esmu novērojis 12 komētas. Spožuma maksimumā komēta C/2022 E3 (ZTF) bija tik tikko redzama ar neapbruņotu aci, taču ar kameras palīdzību varēja saskatīt visas



Komēta 2023. gada 21. janvārī. Redzama komētas antiaste. Attēls grēdots no 14 piecas minūtes ilgām ekspozīcijām. Zvaigžņu ceļi rāda komētas pārvietojumu pret zvaigznēm aptuveni 70 minūšu ilgumā. Komētas jonu aste arī tik neilgā laikā maina formu un pārvietojas. Lai neizsmērētu asti un grēdotā attēlā saglabātu jonu astes mainīgo raksturu, sekošanas iekārta fiksēta uz komētu. *Tamron 150–600 mm f/5,6–6,3 objektīvs, ZWO ASI 533MC Pro kamera*



Jānis Šatrovskis

Komēta C/2022 E3 (ZTF) un Marss. *Canon* 200 mm 1:2,8 objektīvs, *Canon* 6D kamera, EQ3–2 montējums, katra atsevišķā ekspozīcija 45 sekundes, grēdotas 25 fotogrāfijas



Normunds Rozītis

Komēta 21. janvārī. 36 kadri, kas grēdoti ar programmu *DeepSkyStacker*

trīs astes – plato, bet īso putekļu asti, šauro, bet garo jonu asti un pret Sauli vērsto anti-asti. 10. februārī komēta atrodās tuvu Marsam, veidojot vizuāli pievilcīgu pāri.

Normunds Rozītis:

Komētu novēroju kopā ar *WhatsApp* grupas biedru Jāni Šatrovski 2023. gada 21. janvārī. Līdz tam komētas nebiju fotografējis vai novērojis un nedomāju, ka tas būs tik viegli paveicams. Tajā vakarā pirmo reizi iemēģināju savu *Skywatcher Star Adventurer* sekotāju. Soli pa solim, un izdevās iedabūt komētu redzeslaukā. Fotografēšanai izmantoju *Canon 500D* fotokameru un *Canon* 400 mm 1:5,6 objektīvu. Uzņēmu 36 fotoattēlus, katru ar 58 sekundes ilgu ekspozīciju un ISO 3200 jutību. 🌠



Astronomiskā navigācija un planetārijs Lisabonā

No Rīgas ir pieejams tiešais lidojums uz Lisabonu. Portugāles galvaspilsētā ir daudz ko apskatīt, arī ar astronomiju saistītas vietas. Sākot ar 15. gadsimtu, portugāļu jūrasbraucēji sāka apgūt pasaules okeānus, piemēram, Vasko da Gama bija pirmais eiropietis, kurš sasniedza Indiju pa jūras ceļu. Lai kuģotu svešās jūrās, jūrnieki orientējās pēc saules un zvaigznēm. Tā laikmeta astronomiskās navigācijas ierīces, astrolābijas un citus instrumentus, arī jaunāku laiku sekstantus, var apskatīt jūrniecības muzejā. Šis muzejs *Museu de Marinha* kopā ar planetāriju atrodas pilsētas daļā *Belém*, vietā ar daudzām vēsturiskām celtnēm pie jūras, pilsētas rietumos. Muzejs atvērts no plkst. 10.00 līdz 17.00, izņemot pirmdienas. Biļetes cena 6,50 EUR, 4–12 gadus veciem bērniem – 3,25 EUR. 🗺

Jūrniecības muzejs atrodas grandiozā senā Hieronimītu jeb Žeronimuša klostera ēkā, kas ir UNESCO Pasaules mantojuma objekts. Ieeja tajā ir pa kreisi. Fonā redzams balts piemineklis, kas veltīts portugāļu jūrasbraucējiem. Muzejs atrodas pie Težu upes iztekas, no kurienes karavelas devās burāt Atlantijas okeānā un vēl tālāk



Muzejā apskatāma plaša kolekcija ar seno laiku astronomiskās navigācijas instrumentiem



Turpat blakus muzeja kompleksā atrodams arī planetārijs, kas piedāvā izrādes ne tikai portugāļu, bet arī angļu valodā

JURIS KLIMANS

Pārsteidzošā mazo ciematu burvība

“Parasts” skats no maza ciemata Austrijas vidienē. Šķiet, ka ap pusnakti gandrīz visi jau ir aizmiguši. Pat ielu apgaismojums atstāts tikai dažās vietās, kas ļauj skaidri un netraucēti vērot naksnīgo debesi. Apkārtējie kalni uzlabo kopējo ainavu, padarot attēlu vēl iespaidīgāku. Palaimējās arī ar laikapstākļiem, jo, kā izrādījās vēlāk, kalnos situācija mainās diezgan strauji, pusstundas laikā skaidro debesi var nomainīt mākoņu sega.

Attēls uzņemts neplānoti, tā bija spontāna, ziņkārības vadīta pastaiga naktī ar fotokameru pie sāniem. Netika izmantots arī statīvs vai citi palīgīdzekļi, kamera bija novietota uz kāda dabiskā paaugstinājuma. 2022. gada 4. jūlijs, plkst. 1.00 naktī.

Canon EOS RP kamera ar RF 15–35 mm F2,8 L IS USM objektīvu. Iestatījumi: ISO 3200; fokusa attālums 15 mm, atvērums f/2.8; ekspozīcijas ilgums 15 sekundes.



Atpazīt molekulas Saules sistēmas nostūros

SKOLAS FIZIKAS GRĀMATĀS APRAKSTĪTIE MASSPEKTROMETRA
DARBĪBAS PAMATPRINCIPI IR JOPROJĀM AKTUĀLI.

20. gadsimta beigās, pētot “katodstarus” gāzes izlādes lampās, zinātnieki novēroja arī pretēji vērstus “starus”. Sers Džozefs Tomsons (*Thomson*) “katodstarus” pareizi identificēja un aprakstīja kā negatīvi lādētu daļiņu kūli, tādējādi atklājot

elektronus un 1906. gadā saņemot Nobela prēmiju fizikā. Attiecībā uz pretēji vērstajiem “stariem” cits fiziķis Vilhelms Vīns (*Wien*) novēroja, ka to trajektoriju ietekmē elektriskais un magnētiskais lauks, un 1899. gadā uzkonstruēja

pirmo masspektrometru. Par praktisku mēriekārtu to padarīja Tomsons un viņa asistents Frānsiss Astons (*Aston*). Tas ļāva atklāt elementu izotopus, par ko Astons saņēma 1922. gada Nobela prēmiju ķīmijā.

Masspektrometra darbības pamatprincips balstās uz Lorenca spēku, kas nosaka, ka uz lādētu daļiņu, kura pārvietojas magnētiskajā laukā, iedarbojas spēks, kas vērsts perpendikulāri daļiņas ātruma virzienam. Vienkāršākajā gadījumā, apskatot daļiņas ar vienādiem ātrumiem, bet atšķirīgiem lādiņiem un masām, var pierādīt (kā tas tiek darīts arī skolas fizikas stundās), ka viendabīgā magnētiskajā laukā daļiņu kustība notiks pa riņķa līniju, kuras rādiusu nosaka konkrētās daļiņas lādiņa un masas attiecība. Novietojot daļiņu ceļā detektoru, atšķirīgi punkti uz



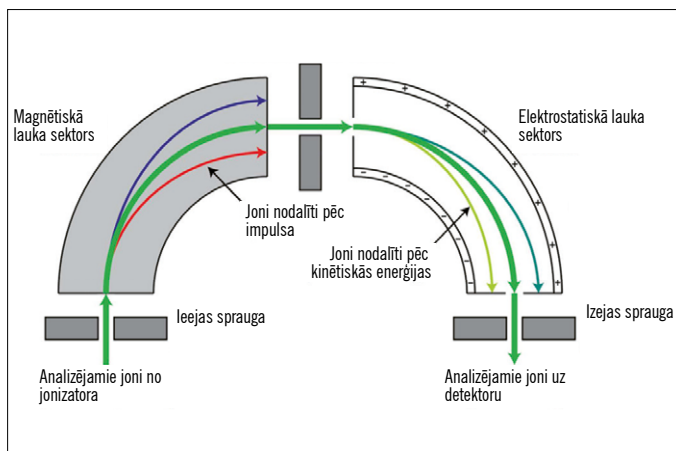
Southwest Research Institute

Topošās Jupitera zondes *Europa Clipper* masspektrometrs

detektora atbildīs atšķirīgiem trajektoriju rādiusiem un tādejādi arī atšķirīgām daļiņām. Iznāk, ka magnētiskais lauks sašķiro daļiņas “pēc sugām”, un katru daļiņu tipu var analizēt atsevišķi. Elektriski neitrālu daļiņu kustību Lorenca spēks neietekmē.

Praksē masspektrometrs sastāv no trim pamata sastāvdaļām: jonizatora, kurš pētāmās vielas atomus pārvērš par joniem, masas analizatora, kurš daļiņas sadala atbilstoši masām, un detektora. Iepriekš aprakstīts vienkāršākais masas analizatora piemērs, bet to visu darbības pamatā ir elektrisko un magnētisko lauku ietekme uz lādētu daļiņu kustību.

Ārpus Zemes atmosfēras pirmos masspektrometrus



Masspektrometra shematiska uzbūve

izmantoja *Apollo 15* un *Apollo 16* lidojumos uz Mēnesi 1971. gadā. Kopš tā laika tie ir ierasta kosmisko aparātu instrumentu sastāvdaļa un ir devuši nozīmīgus atklājumus. Piemēram,

ar masspektrometru atklāts molekulārais ūdeņradis Saturna pavadoņa Encelada ledus geizeros (*Cassini* zonde) un organiskie savienojumi uz Marsa (*Curiosity* nolaižamais aparāts). 🦋

Lasītāj, sazinies ar *Zvaigžņotās Debess* veidotājiem!

Tev ir kaut kas sakāms par šajā numurā vai iepriekš publicētu rakstu? Vēlies mums kaut ko ieteikt vai sadarboties? Dod mums ziņu, aizpildot tiešsaistes anketu!

Lai piekļūtu anketai, tīmekļa pārlūkā ieraksti saiti: tinyurl.com/zvd-aptauja.

Zvaigžņotās Debess izdoto numuru digitālā bibliotēka tagad atrodama žurnāla mājaslapā – www.lu.lv/zvd

Godātais lasītāj!

Žurnāla veidotāji turpina tradīciju – tiešsaistes sarunu neilgi pēc numura iznākšanas. Autori iepazīstina ar saviem rakstiem, bet lasītāji var izvaicāt autorus un sniegt savus iespaidus par rakstiem, kurus jau ir šanācis izlasīt.

2023. gada vasaras numuram veltītais pasākums
Atveram Zvaigžņoto Debessi notiks

19. jūnijā plkst. 17.00

Lai pieslēgtos, tīmekļa pārlūkā izmanto saiti:

meet.google.com/rqk-rkfm-bjq

Nenokavē!

Ja neizdevās pievienoties sarunai, ierakstu var noskatīties *Zvaigžņotās Debess* YouTube kanālā.

Matīsam Dīriķim – 100

LATVIEŠU ASTRONOMS MATĪSS DĪRIĶIS 40 GADUS PACIETĪGI PĒTĪJA ASTEROĪDU ORBĪTAS. VIŅA DARBS ĻĀVIS GŪT PRIEKŠSTATU PAR DAUDZU SIMTU ASTEROĪDU KUSTĪBU.

Asteroīdam Nr. 1805 1974. gadā piešķīra nosaukumu *Dīriķis* (*Dirikis*). Matīsu Dīriķi intervēja laikraksta *Ciņa* žurnāliste, kas astronomu raksturoja šādi: “Zināt, ka kādai no planētām dots viņa vārds un savu pētījumu objektus neredzēt... Klausīdamās, cik aizrautīgi astronoms stāsta par šīm planētām: cik tās kaprīzas, noslēpumainas un tomēr vilinošas, neattapos pajautāt, ko viņš pats saka par šādu neklātienes pazišanos. Tagad man šķiet, ka to var pielīdzināt, piemēram, ilgai sarakstei ar kādu cilvēku, kurš pa šo laiku kļuvis dārgs un nepieciešams, bet joprojām palicis tāls un neaizsniedzams. Protams, ļoti gribētos beidzot satikties, bet ir tik daudz objektīvu apstākļu, kas to liedz... Par tādu valodu Matīss Dīriķis laikam teiktu vienu no saviem iemīļotajiem vārdiņiem: “Pekstiņi!” Un viņam būtu taisnība. Ja pret zinātnes faktiem izturētos tikai romantiski, efemerīdas aprēķinātu ļoti neprecīzi.”

KĀ SĀKĀS MATĪSA DĪRIĶA “SARAKSTE” AR TĀLAJIEM DEBESS ĶERMEŅIEM

Matīss Dīriķis dzimis Rīgā 1923. gada 7. augustā. Viņa tēvs Augusts (1894–1941) bija gleznotājs, strādāja par zīmēšanas skolotāju Gaujenes (tagad Gaujienas) vidusskolā, vēlāk Rīgas skolās. Māte Natālija, dzimusi Gatliha (1895–1963), bija tēlniece, ilgus gadus strādāja par Valsts latviešu un krievu

mākslas muzeja galveno fondu glabātāju. Tēvs mira no ievainojuma, ko guva aviācijas uzlidojumā Siguldai 1941. gada jūnijā, uzlidojumā tika ievainota arī māte.

Matīss mācījās Rīgas pilsētas 24. pamatskolā, pēc tam Rīgas pilsētas 2. ģimnāzijā (1936–1941). “Zvaigznes un Mēnesi man patika vērot jau agrā bērnībā; atceros tumšos skaidros rudens vakarus Siguldā, kad



Gatavojoties novērot Saules aptumsumu 1954. gadā

LU Muzeja krājums



Matīss Dīriķis studiju gados

zvaigznes, šķiet, nav saskaitāmas. Ģimnāzijas gados radās dziļāka interese par astronomiju. Jāatzīstas, ka lasījū ļoti maz daiļliteratūras. Tanī laikā ar lielu aizrautību lasīju J. Videnieka *Zvaigžņoto debesi*, K. Kaufmaņa *Pasaules telpā*, bet sevišķi mani sajūsmināja K. Flamariņa *Astronomie Populaire*," stāstījis Dīriķis.

1941. gadā Matīss Dīriķis iestājās Rīgas Universitātes (tā Latvijas Universitāti sauca vācu okupācijas laikā) Ķīmijas fakultātē, bet nākamajā gadā, "jūtot sevi vairāk tieksmes uz eksaktajām nekā uz tehnikajām zinātnēm", pārgāja uz Matemātikas un dabaszinātņu fakultāti, lai studētu astronomiju, kur apguva 13 astronomijas kursus. Studijas viņš pabeidza 1946. gadā, iegūstot astronoma kvalifikāciju.

DARBA GAITAS ASTRONOMIJAS SEKTORĀ

1946. gadā Matīss Dīriķis sāka strādāt par vecāko laborantu jaunizveidotajā LPSR Zinātņu akadēmijas Fizikas un matemātikas

MATĪSS DĪRIĶIS JAUNĪBĀ AR LIELU AIZRAUTĪBU LASĪJA GRĀMATAS PAR ZVAIGZNĒM UN VISUMU, SEVIŠĶI VIŅŪ SAJŪSMINĀJA KAMILA FLAMARIŅA POPULĀRĀ ASTRONOMIJA.

institūta Astronomijas sektorā, kas sākotnēji atradās turpat universitātes telpās. Dažus gadus vēlāk viņš kļuva par jaunāko zinātnisko līdzstrādnieku (1948), tad par vecāko zinātnisko līdzstrādnieku (1954). Matīss Dīriķis studēja Ļeņingradas Teorētiskās astronomijas institūta neklātienes aspirantūrā (1947–1951) debess mehānikas speciālista Mihaila Subotina vadībā. Kaut arī tajā laikā viņš kopā ar kolēģiem aktīvi skaitlēja asteroīdu efemerīdas, disertācija bija saistīta ar komētām – *Komētu orbītu pirmatnējā rakstura noteikšana, ja to ekscentricitāte ir tuva 1*. Disertāciju viņš aizstāvēja 1953. gadā Pulkovas observatorijā un ieguva fizikas un matemātikas zinātņu kandidāta grādu.

Par pirmatnējo orbītu sauca orbītu, pa kādu pārvietoja ilgperioda komēta, kad tā atrodas tālu no Saules un planētām. Kad komēta tuvojas Saulei, tās orbīta neizbēgami, kaut tikai nedaudz, izmainās planētu gravitācijas iedarbībā. Matīsu Dīriķi interesēja, kādas bijušas komētu pirmatnējās orbītas – eliptiskas vai hiperboliskas. Tas bija jautājums

par komētu izcelšanos, kas tolaik vēl nebija skaidra. Ja orbīta bijusi eliptiska, komēta pieder pie Saules sistēmas un acīmredzot radusies kopā ar to. Ja orbīta bijusi paraboliska, iespējams, ka komēta atlidonusi no starpzvaigžņu telpas.

Lai noteiktu ilgperioda komētas orbītas pirmatnējo raksturu, jāizpēta tās iespējamā kustība tālā pagātnē, ņemot vērā milzu planētu gravitācijas ietekmi. Matīss Dīriķis noteica divu komētu – 1930b *Beyer* un 1946a *Timmers* – pirmatnējo orbītu. Tālāk viņš analizēja metodiku iepriekš minētā mērķa optimālai sasniegšanai. Apkopojot arī citu autoru veiktos aprēķinus, astronoms secināja, ka vairāk nekā 90% ilgperioda komētu pirmatnējā orbīta ir eliptiska, tātad lielākā daļa komētu radušās Saules sistēmā. Pirmo starpzvaigžņu komētu *21/Borisov* atklāja tikai 2019. gadā.

Turpmāk Matīss Dīriķis koncentrējās uz asteroīdu efemerīdu aprēķiniem. Efemerīda satur informāciju par astronomiskā objekta koordinātām un citiem kustības raksturlielumiem noteiktos laika momentos. Viņš



Matīss Dīriķis (no kreisās) un astronomijas amatieris Laimonis Kušķis gatavoja meteoru novērojumiem Morisona kalnā pie Baldones 20. gadsimta 50. gados

veica aprēķinus, ņemot vērā Jupitera gravitācijas ietekmi. Tas nebija viegls darbs, jo tolaik bija pieejami tikai mehāniskie aritmometri. Mūsdienās dators izrēķina asteroīda efemerīdu sekundes daļā, bet tolaik aprēķini vienam asteroīdam prasīja vairākas dienas. Kad šos darbus 20. gadsimta 50. gadu vidū Astronomijas sektorā pārtrauca, Matīss Dīriķis tos turpināja kopā ar Vissavienības Astronomijas un ģeodēzijas biedrības Rīgas nodaļas (tagad – Latvijas Astronomijas biedrība) biedriem. Efemerīdas publicēja Ļeņingradas Teorētiskās astronomijas institūta ikgadējā izdevumā *Эфемериды малых планет*, kas iznāk kopš 1948. gada.

AR ASTEROĪDIEM KOPĀ PAVADĪTIE GADI

1961. gadā Matīss Dīriķis kļuva par Vissavienības

Astronomijas un ģeodēzijas biedrības Latvijas nodaļas vadītāju, bet nākamajā gadā pārgāja darbā uz Latvijas Valsts universitātes (LVU) Astronomisko observatoriju vecākā zinātniskā līdzstrādnieka amatā. Kaut arī biedrības darbs prasīja daudz laika, viņš aktīvi turpināja asteroīdu orbītu izpēti. Tolaik asteroīdus sauca par mazajām planētām. Šobrīd mazās planētas jēdziens ir paplašināts un ietver asteroīdus, pundurplanētas, trojiešus, kentaurus, Koipera joslas objektus un

citus transneptūna objektus. Asteroīdi ir mazās planētas Saules sistēmas iekšējā daļā.

Tā kā skaitļošanas apjoms bija liels, Matīss kļuva par vienu no pirmajiem Latvijas astronomiem, kas savā darbā izmantoja elektronu skaitļošanas mašīnas (ESM), kā tolaik sauca datorus. Kad 1964. gadā LVU Skaitļošanas centrā uzstādīja tam laikam jaudīgu skaitļotāju BESM-2M, viņš ātri apguva programmēšanu. Nu varēja plašāk veikt asteroīdu orbītu elementu precizēšanu jeb uzlabošanu. Kad asteroīds ir atklāts, pēc neliela novērojumu skaita aprēķina tuvinātu asteroīda orbītu. Pēc tam orbītas elementus “uzlabo”, izmantojot pēc iespējas lielāku novērojumu skaitu. Agrāk Matīss Dīriķis aprēķinos iekļāva tikai Jupitera gravitācijas ietekmi, bet 60. gadu vidū rēķināja orbītas, jau ņemot vērā septiņu planētu ietekmi. Šajā laika posmā un arī turpmāk viņš ik gadu aprēķināja apmēram 100 asteroīdu efemerīdas un apmēram 20 asteroīdiem uzlaboja elementus. Ap 1970. gadu viņš spēja novērtēt asteroīda orbītas elementu izmaiņas 1000 gadiem uz priekšu un atpakaļ.

”

MŪSDIENĀS DATORS IZRĒĶINA ASTEROĪDA DATUS SEKUNDES DAĻĀ, BET 20. GADSIMTA 50. GADOS APRĒĶINI VIENAM ASTEROĪDAM PRASĪJA VAIRĀKAS DIENAS.



Matīss Dīriķis veic aprēķinus

1966. gadā Matīss Dīriķis sāka sadarboties ar Ukrainas PSR asteroīdu un komētu atklājējiem Nikolaju Černihu un viņa sievu Ludmilu Černihu, kuri strādāja Krimas Astrofizikas observatorijā netālu no Simferopoles. Viņi atceras: “Kara izraisītais pārtraukums mazo planētu novērojumos un darba apsūkums orbītu koriģēšanā un efemerīdu aprēķināšanā arvien palielināja to planētu skaitu, kam bija nepieciešams uzlabot orbītu elementus. Dažām mazajām planētām efemerīdu kļūdas izrādījās tiktāl palielinājušas, ka novērojumos šīs planētas vairs nevarēja atrast, tādējādi pazaudēto mazo planētu skaits arvien pieauga.

Ar tādu pazaudētu mazo planētu “rehabilitāciju” nodarbojās Matīss Dīriķis – kā teorētiķis. Arī mēs šai problēmai pievērsām īpašu uzmanību – kā novērotāji. Pēc

viņa lūguma mēs sūtījām viņam interesējošo mazo planētu novērojumu rezultātus, pēc viņa efemerīdām fotografējām atsevišķus viņa norādītos debess apgabalus, lai meklētu pazaudētās planētas.

Spilgtu rezultātu viņš ieguva par mazo planētu, ko mēs atklājām 1966. gada 16. maijā un savā katalogā apzīmējām ar K-31. Mēs to novērojām divus mēnešus, un orbīta, ko aprēķināja Matīss Dīriķis, izrādījās pietiekami droša. Viņš aprēķināja tās kustību gadiem uz priekšu, un pēc viņa efemerīdas mēs sekmīgi to novērojām gan 1968. gadā, gan 1971. gadā. Galu galā pēc mūsu novērojumiem un viņa aprēķiniem mazo planētu K-31 ierakstīja katalogā, un tā ieguva pastāvīgo numuru (1796). Tas bija mūsu kopīgā darba liels sasniegums.”

Matīss Dīriķis lūdza Černihiem šo asteroīdu nosaukt par Rīgu, un Černihi viņa lūgumu izpildīja

(asteroīda nosaukumu izvēlas atklājējs). Tā 1971. gadā asteroīds Nr. 1796 ieguva nosaukumu *Rīga*. Tas bija otrais asteroīds, kura nosaukums saistīts ar Latviju. Pirmais bija asteroīds 1284 *Latvia* 1933. gadā, kam orbītu aprēķināja latviešu astronoms Kārlis Šteins. Vēlāk Dīriķa un Černihu kopējā sadarbībā nosaukumus ieguva vēl trīs asteroīdi. Atzīmējot Matīsa Dīriķa nopelnus asteroīdu pētījumos, asteroīds Nr. 2897 nosaukts Kārļa Šteina vārdā (Šteins, 1986). Šteins ir viens no nedaudzajiem asteroīdiem, kas nofotografēts tuvumā. To izdarīja kosmiskā zonde *Rosetta* 2008. gadā. Asteroīds Nr. 3233 par godu Dainu tēvam Krišjānim Baronam ieguva vārdu *Krišbarons* (1987). Trešais asteroīds nosaukts paša Dīriķa vārdā.

1973. gadā Matīss Dīriķis stāstīja par iepriekšējos desmit gados paveikto: “Sastādīts oriģināls programmu



Asteroīds *Rīga* (parādīts ar bultiņām) 1969. gada 14. novembrī

MATĪSA DĪRIĶA UN UKRAIŅU ASTRONOMU KOPEJĀ SADARBĪBĀ ČETRI ASTEROĪDI IEGUVA AR LATVIJU SAISTĪTUS NOSAUKUMUS.

komplekss elektroniskai skaitļojamai mašīnai BESM-2M, ar kura palīdzību uzlaboti, resp., noteikti, precīzi orbītu elementi vairāk nekā 100 mazajām planētām. Visām šīm planētām aprēķinātas efemerīdas daudziem gadiem uz priekšu; vajadzības gadījumā elementi un efemerīdas tiek precizēti saskaņā ar jaunākiem novērojumiem. Šos elementus un efemerīdas ik gadu publicē Ļeņingradā PSRS ZA Teorētiskās astronomijas institūta izdevumā *Эфемериды малых планет*. Interesantākās daļas no šī darba rezultātiem aprakstītas atsevišķās publikācijās. Sikāki pētījumi veikti par dažām mazajām planētām ar lielu ekscentricitāti. Sevišķi interesanti apgabali mazo planētu gredzenā ir tie, kur planētu apgriešanās periodi ap Sauli atrodas vienkāršā samērojamībā ar Jupitera apgriešanās periodu.”

20. gadsimta 70. gados Matīsa Dīriķa rēķinātos orbītu elementus publicēja arī starptautiskajā izdevumā *Minor Planet Circulars*. Britu astronoms Braiens Mārsdens, kurš ilgstoši vadīja Mazo planētu centru Hārvarda-Smitsona Astrofizikas centrā

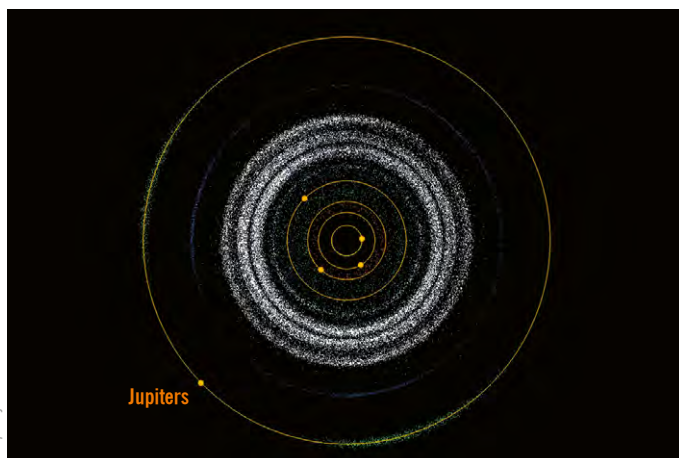
Kembridžā, ASV, atceras: “Starptautiskās Astronomijas savienības 45. simpozijā, kas notika Ļeņingradā 1970. gada augustā, mums bija kopīgas intereses asteroīda (944) Idalgo izpētē, jo mēs neatkarīgi viens no otra uzstājāmies ar referātiem, kas ietvēra šā neparastā objekta “ilgtermiņa integrāciju” toreizējā terminoloģijā. Tajā laikā tas nozīmēja orbītas ekstrapolēšanu ne vairāk kā vienu vai divus tūkstošus gadu uz priekšu, un mēs ar Matīsu bijām vienisprātis, ka Idalgo 1673. gadā gājis garām Jupiteram tikai 0,38 (vai, kā viņam šķita, 0,36) astronomisko vienību attālumā.”

20. gadsimta 70. gadu otrajā pusē Matīss Dīriķis pievērsās tā sauktajām Kirkvuda spraugām asteroīdu joslā. Tās ir vietas asteroīdu lielo pusasu sadalījumā, kur

asteroīdu ir maz, jo to apriņķošanas periods ir orbitālajā rezonansē ar Jupiteru. Orbitālā rezonanse ir situācija, kad debess ķermeņu apriņķojumu periodu attiecība ir izsakāma ar veseliem skaitļiem. Matīss Dīriķis pētīja dažādas rezonanses (2:1, 5:2, 3:1), bet visvairāk – Hekubas spraugu, kurā periodu attiecība ir 2:1. Asteroīds Hekubas spraugā riņķo tieši divas reizes ātrāk par Jupiteru. Tas nozīmē, ka ik pēc diviem apriņķojumiem asteroīds pienāk salīdzinoši tuvu Jupiteram, kas ar savu gravitācijas spēku ietekmē asteroīda orbītu un ar laiku “izsviež” asteroīdu no spraugas. Kirkvuda spraugas atklāja amerikāņu astronoms Daniels Kirkvuds 1866. gadā.

Matīss Dīriķis rakstījis: “Pētīts kustību raksturs mazajām planētām, kuru vidējā dienas kustība aptuveni atbilst pret Jupitera vidējo dienas kustību kā 2:1. Pētījumos apskatīta mazo planētu kustība 2000 gadu laikā ar skaitliskās integrācijas metodi, ievērojot Jupitera un Saturna gravitācijas ietekmi. Virknei fiktīvu planētu iegūti orbitālo elementu izmaiņas periodi, kā arī ekscentricitātes un

KIRKVUDA SPRaugAS ASTEROĪDU JOSLĀ RADA JUPITERS, KAS AR SAVU GRAVITĀCIJAS SPĒKU IETEKMĒ ASTEROĪDA ORBĪTU UN AR LAIKU “IZSVIEŽ” ASTEROĪDU NO SPRaugAS.



Kirkvuda spraugas galvenajā asteroīdu joslā

vidējas dienas kustības izmaiņas. Atrastas Hekubas tipa mazo planētu kustības īpatnības atkarībā no ekscentricitātes un no minimālā attāluma līdz Jupiteram.” Mūsdienās Hekubas spraugā zināmi apmēram 100 asteroīdi. Tos iedala vairākās grupās pēc “dzīves laika”, ko tie pavada rezonansē ar Jupiteru. Šis laiks ir ļoti atšķirīgs – no diviem miljoniem līdz pat miljardam gadu.

Kaut arī atsevišķos jautājumos Matīss Dīriķis sadarbojās ar kolēģiem un reizēm darbos iesaistīja studentus, lielākoties viņš strādāja individuāli, un asteroīdu orbītu izpētes grupa Astronomiskajā observatorijā neizveidojās. Līdz pat mūža beigām viņš pacietīgi turpināja aprēķinus, atkarībā no nepieciešamības pārejot uz jauniem datoriem. 20. gadsimta 70. gados viņš apguva jaunāku ESM modeli BESM-4. Kad 1978. gadā BESM-4 LVU Skaitļošanas centrā demontēja, aptuveni

piecu gadu laikā viņš pārlika programmas uz tā sauktās vienotās sistēmas skaitļotājiem (EC ЭБМ) EC-1022 un EC-1060. 20. gadsimta 90. gados Matīss Dīriķis izmantoja arī Bulgārijas ražojuma personālo skaitļotāju *Pravec-8D*.

UN ATKAL – KOMĒTAS

Dzīves pēdējos gados Matīss Dīriķis atkal pievērsās

komētu orbītu evolūcijas pētījumiem. Latviešu astronoms un pedagogs Antonijs Salītis teicis: “Viņš nodarbojās galvenokārt ar jautājumu par ilgperioda komētu orbītu izmaiņu kaimiņzvaigžņu gravitācijas iedarbībā. Tika aplūkoti septiņdesmit piemēri un atklāts, ka komētu orbītu evolūciju stiprāk ietekmē zvaigznes ar nelielu kustības ātrumu. Parāli tam noskaidrojās, ka zvaigžņu perturbācijas spēj samazināt ilgperioda komētu (Orta mākoņa komētu) orbītas un palielināt šo orbītu ekscentricitāti. Citiem vārdiem sakot, tas nozīmē, ka atkārtotas kaimiņzvaigžņu perturbācijas spēj ievadīt komētas redzamības zonā un to orbītas pārveidot elipsēs ar maziem perihēlija attālumiem. Tā Matīsa Dīriķa aprēķini vēlreiz apstiprināja K. Šteina komētu difūzijas likumu pareizību.

Otrs virziens, pie kura strādāja Matīss Dīriķis, ir mazo



Matīss Dīriķis (no labās) un astronoms Juris Francmanis 20. gadsimta 70. gados

”

1992. GADĀ LATVIJAS ZINĀTŅU AKADĒMIJA MATĪSAM DĪRIĶIM PIEŠĶĪRA ASTRONOMIJAS GODA DOKTORA GRĀDU.

Saules sistēmas ķermeņu orbītu noteikšanas paņēmieni uzlabošana un pilnveidošana. Pēdējos gados viņš pievērsās somu astronoma Irjes Veiseles metodes pilnveidošanai. Šī metode dod iespēju diezgan droši noteikt komētas vai mazās planētas orbītu, balstoties tikai uz diviem novērojumiem. (Parasti orbītas noteikšanai ir vajadzīgi trīs novērojumi.) Šī metode ir īpaši noderīga objektu atrašanai un identifikēšanai, ja novērojumu gaitā ir bijis pārtraukums.”

Matīss Dīriķis uzstājies daudzās zinātniskajās konferencēs, piemēram, 1991. gadā viņš referēja Vispasaules latviešu zinātņu kongresā Rīgā. Viņš ir publicējis vairāk nekā 30 zinātnisko darbu. 1992. gadā Latvijas Zinātņu akadēmija viņam piešķīra astronomijas goda doktora grādu. Astronoms Leonids Roze rakstījis: “Latvijas Zinātņu akadēmijas Prezidijs 1992. gada 9. janvārī apstiprināja Fizikas un tehnisko zinātņu nodaļas lēmumu par astronomijas goda doktora zinātniskā grāda piešķiršanu Matīsam Dīriķim. Jautāts par nākotnes nodomiem, astronomijas goda doktors nopūšas un atklāj, ka viņa vēl neaizsniegtais mērķis ir saistīts ar turpmākajiem nenumurēto

mazo planētu identitāšu meklējumiem. Tā ir ļoti interesanta un nozīmīga tēma. Taču abi lielie asteroīdu pētniecības centri (Kembridžā un Sanktpēterburgā) jau ir paspējuši izveidot datu bankas ar mazo planētu pētījumiem nepieciešamo informāciju (elementi, novērojumi). Tādējādi šie centri šobrīd ir aizgājuši Rīgai tālu priekšā, un godīgi jāatzīst, ka tos panākt gandrīz

vairs nav iespējams, kur nu vēl strādājot vienam pašam un bez neviena algota palīga.”

ILGGADĒJAIS ASTRONOMIJAS BIEDRĪBAS VADĪTĀJS

Jau 1947. gadā Matīss Dīriķis bija viens no Vis-savienības Astronomijas un ģeodēzijas biedrības Rīgas nodaļas dibinātājiem, 1961. gadā kļuva par Padomes priekšsēdētāju un vadīja biedrību līdz mūža galam. Tas bija apjomīgs darbs, organizējot regulāras sanāksmes, pilno Saules aptumsumu novērošanas ekspedīcijas, veidojot iespaidīgo biedrības bibliotēku. Viņš izveidoja biedrības observatoriju Siguldā, ilgus gadus vadīja

”

VAIRĀK NEKĀ 30 GADUS MATĪSS DĪRIĶIS VADĪJA VISSAVIENĪBAS ASTRONOMIJAS UN ĢEODĒZIJAS BIEDRĪBAS LATVIJAS NODAĻU.



Grāmatas *Pazīsti zvaigžņoto debesi!* abi izdevumi



Ilgona Vilka foto

sudrabaino mākoņu novērojumu un pētījumus Latvijā (1957–1970). No 1971. līdz 1994. gada laidienam viņš bija Astronomiskā kalendāra galvenais sastādītājs un atbildīgais redaktors, kaut rēķinājis kalendāra tabulas arī iepriekš. Publicējis daudzus rakstus gan Astronomiskajā kalendārā, gan žurnālā *Zvaigžņotā Debess*. Viņa populārzinātniskā grāmata *Pazīsti zvaigžņoto debesi!* piedzīvoja divus izdevumus (1958 un 1978). Biedrības ikdienas darbā liels palīgs bija viņa sieva Lidija Dīriķe (1932–2017), kas ilgu gadu strādāja LVU Fizikas un matemātikas fakultātes fizikas demonstrāciju kabinetā. Ģimenē piedzima meita Maija.

Matīss Dīriķis lasīja astronomijas lekcijas Rīgas Pedagoģiskajā institūtā



Matīss Dīriķis ar sievu Lidiju sudrabaino mākoņu novērošanas paviljonā Siguldā 20. gadsimta 60. gadus

No žurnāla *Zvaigžņotā Debess*

(1947–1950), vadīja nodarbinības Rīgas Pionieru pils planētārijā (1960–1961). Vēlāk viņš lasīja astronomijas kursu LVU Fizikas un matemātikas fakultātes studentiem (1983–1993), dažus pēdējos mūža

gadus – arī Rīgas Tehniskās universitātes studentiem. Matīss Dīriķis miris 1993. gada 28. jūlijā pēc neilgas slimības, tikai dažas dienas pirms savas 70 gadu jubilejas. Apglabāts Krimuldas Gaujas kapsētā. 🌟

Zvaigžņotā Debess

saņem veicināšanas balvu

Žurnāls *Zvaigžņotā Debess* 2023. gadā piedalījās Valsts valodas centra gadskārtējā akcijā *Latviešu valodas kvalitāte periodiskajā presē* un saņēma veicināšanas balvu ar formulējumu: “par astronomijas izklāstu sevišķi radošā un intriģējošā valodā”. Žurnāla veidotāji priecājas par šo atzinību un sola “turēt latīņu” augstu, sniedzot saviem lasītājiem saistošus materiālus par kosmosu labā latviešu valodā.



Ilgonis Vilks

DEBESS SPĪDEKĻI 2023. gada vasarā



Zvaigžņotās debess izskats dienvidu pusē 20. jūlijā plkst. 24.00 un 20. augustā plkst. 22.00

Vasaras saulgrieži un astronomiskās vasaras sākums 2023. gadā būs 21. jūnijā plkst. 17.58, kad Saule ieies Vēža

zodiaka zīmē. Tātad patiešā Jāņu nakts šogad būs no 21. uz 22. jūniju. 6. jūlijā plkst. 12 Zeme atradīsies vistālāk no Saules (afēlijā). Zemes attālums būs

1,017 astronomiskās vienības. Rudens ekvinokcija un astronomiskās vasaras beigas iestāsies 23. septembrī plkst. 9.50. Šajā brīdī Saule ieies Svaru zodiaka

zīmē, diena un nakts tad būs aptuveni vienādi garas.

Vasaras pirmajā pusē redzamas tikai pašas spožākās zvaigznes. Par debess dziļu objektu novērošanu nevar būt pat runas. Tad orientēties var pēc dažām spožākajām zvaigznēm – Vegas (Liras Alfa), Deneba (Gulbja Alfa) un Altaira (Ērgļa Alfa), kuras veido tā saukto vasaras trijstūri. Vēl vairākas spožas zvaigznes ir Skorpiona zvaigznājā, bet tas mūsu planetā grādos ir grūti novērojams, jo pat kulminācijā ir ļoti zemu pie horizonta.

Vasaras otrajā pusē var aplūkot Čūsku, Herkulesu, Ziemeļu Vainagu, Čūsknesi, Bultu, Lapsiņu, Strēlnieku, Mežāzi, Delfīnu un Mazo Zirgu. Siltās un pietiekami tumšās naktis ir labvēlīgas debess dziļu objektu novērošanai. Herkulesa zvaigznājā redzamas lodveida zvaigžņu kopas M13 un M92, Čūskas un Čūskneša zvaigznājos – lodveida kopas M5, M10 un M12, Liras zvaigznājā var aplūkot planetāro miglāju M57, Lapsiņas zvaigznājā – planetāro miglāju M27, Strēlnieka zvaigznājā miglājus – M8, M17 un M20.

Interesanta dabas parādība vasaras naktīs ir sudrabainie mākoņi. Ziemeļu pusē, krēslas segmenta zonā, šad tad var redzēt gaišas svītras, joslās, viļņus, virpuļus. Tie tad arī ir paši augstākie (80–85 km) un caurspīdīgākie atmosfēras mākoņi – sudrabainie mākoņi.

Jūlija beigās un augusta pirmā pusē ir ļoti

piemērota meteoru novērojumiem. Tad pavisam neilgā laikā var ieraudzīt kādu no "krītošajām zvaigznēm".

PLANĒTAS

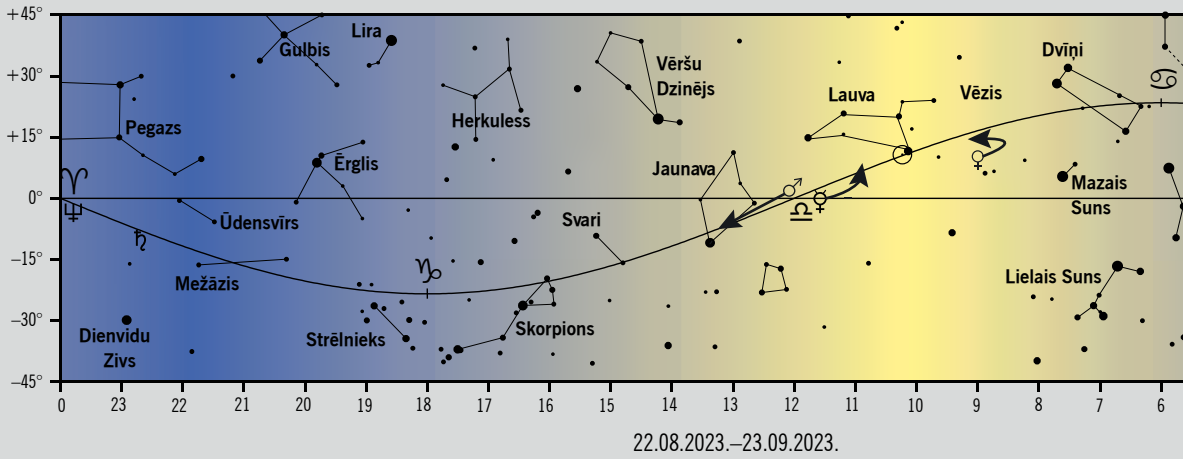
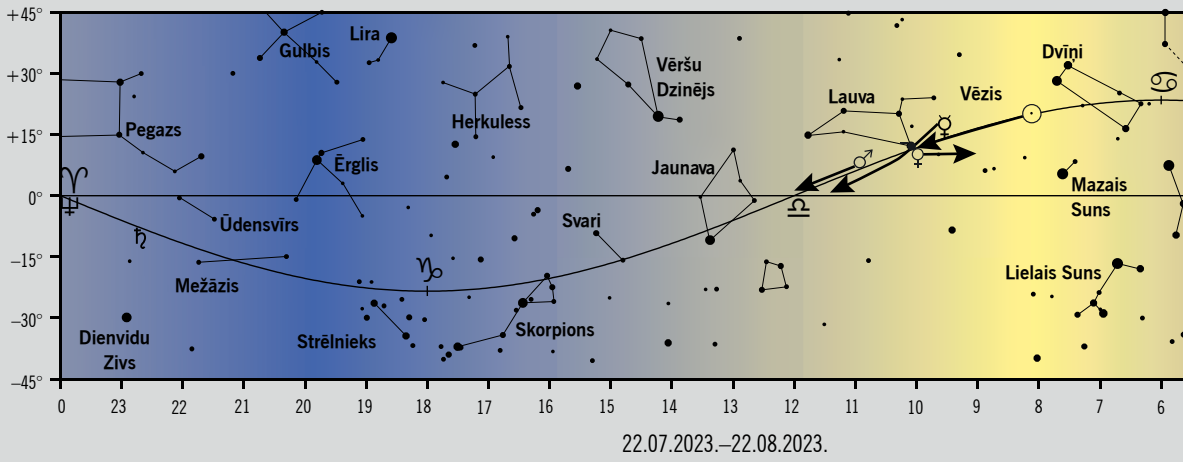
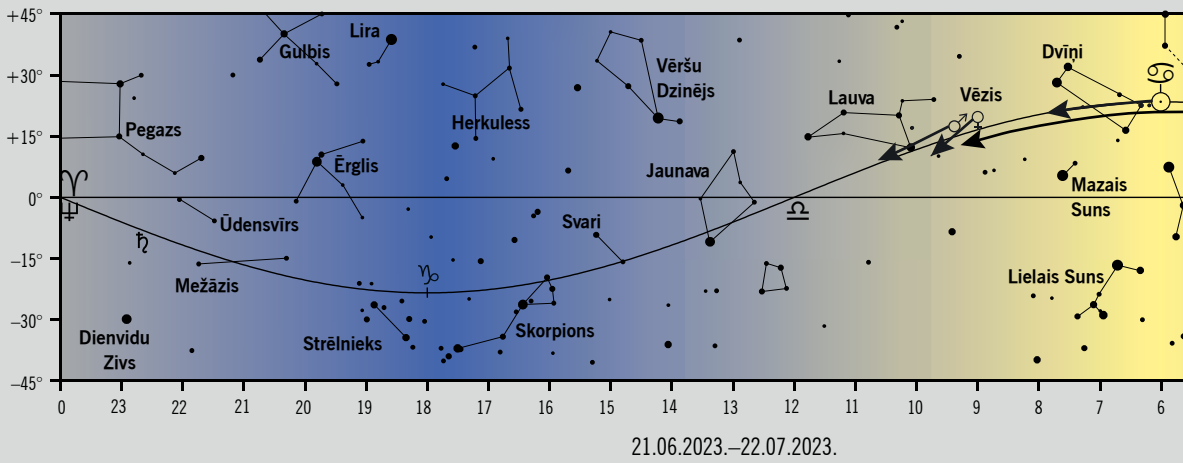
1. jūlijā **Merkurs** atradīsies augšējā konjunkcijā ar Sauli (aiz tās). Tāpēc vasaras sākumā un jūlijā tas nebūs redzams. 10. augustā Merkurs nonāks maksimālajā austrumu elongācijā (27°). Tomēr arī augustā tas nebūs novērojams, jo rietēs gandrīz reizē ar Sauli. 6. septembrī Merkurs atradīsies apakšējā konjunkcijā (starp Zemi un Sauli), tāpēc arī septembra pirmajā pusē tas nebūs redzams. Jau 22. septembrī tas nonāks maksimālajā rietumu elongācijā (18°), tāpēc, sākot apmēram ar septembra vidu, Merkuru varēs novērot rītos, neilgu laiku pirms Saules lēkta, zemu virs horizonta, austrumu pusē. 19. jūlijā plkst. 14 Mēness paies garām 2,5° uz augšu, 18. augustā plkst. 15 – 6° uz augšu, 14. septembrī plkst. 1 – 5° uz augšu no Merkura.

Vasaras sākumā un apmēram līdz 5. jūlijam **Venera** vēl būs nedaudz novērojama vakaros tūlīt pēc Saules rieta, zemu pie horizonta, ziemeļrietumos. Redzamais spožums būs –4^m,5. Tomēr novērojumus traucēs gaišās debesis. 13. augustā Venera atradīsies apakšējā konjunkcijā ar Sauli (starp Zemi un to), tāpēc lielāko daļu jūlija un visu augustu tā nebūs novērojama. Septembra sākumā

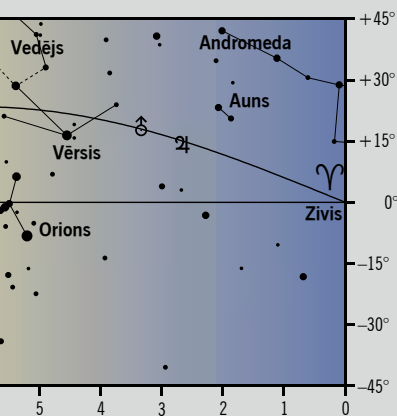
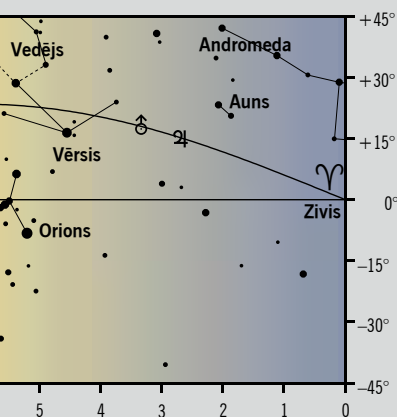
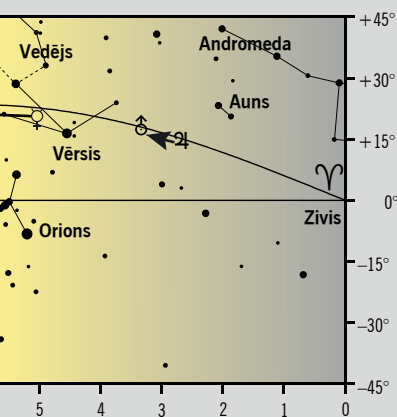
tā klūs redzama rītos, neilgi pirms Saules lēkta, austrumu pusē. Novērošanas apstākļi ļoti strauji uzlabosies – vasaras beigās Venera lēks apmēram trīs stundas pirms Saules! Tās spožums septembra vidū būs liels, –4^m,5. 22. jūnijā plkst. 6 Mēness paies garām 2,5° uz augšu, 20. jūlijā plkst. 6 – 6° uz augšu, 16. augustā plkst. 0 – 12° uz augšu, 11. septembrī plkst. 19 – 12° uz augšu no Veneras.

Vasaras sākumā un apmēram līdz jūlija vidum **Marss** vēl būs nedaudz redzams vakaros, tūlīt pēc Saules rieta. Tā spožums jūlija sākumā būs +1^m,7. Šajā laikā tas atradīsies Lauvas zvaigznājā. Turpmākajā vasaras daļā Marss vairs nebūs novērojams. 22. jūnijā plkst. 15 Mēness paies garām 2,5° uz augšu, 21. jūlijā plkst. 9 – 2° uz augšu, 19. augustā plkst. 3 – 1° uz augšu, 16. septembrī plkst. 22 – 0,1° uz leju no Marsa.

Vasaras sākumā un jūlija pirmajā pusē **Jupiters** būs novērojams nakts otrajā pusē. Tā spožums būs –2^m,2. Jupitera novērošanas apstākļi arvien uzlabosies. Jūlija otrajā pusē un augustā tas būs redzams nakts lielāko daļu, izņemot vakara stundas. Septembrī tas būs ļoti labi redzams visu nakti. Jupitera spožums vasaras beigās sasniegs pat –2^m,7! Visu vasaru Jupiters atradīsies Auna zvaigznājā. 11. jūlijā plkst. 23 Mēness paies garām 1° uz



Saules šķietamais ceļš 2023. gada vasarā kopā ar planētām. Uz zilā fona parādītie spīdekļi redzami naktī



augšu, 8. augustā plkst. 11 – 2° uz augšu, 30. augustā plkst. 22 – 2° uz augšu no Jupitera.

Pašā vasaras sākumā **Saturns** būs diezgan labi redzams nakts otrajā pusē, jūlijā – lielāko nakts daļu, izņemot vakara stundas. 27. augustā tas nonāks opozīcijā ar Sauli. Tāpēc augustā un septembrī tas būs labi novērojams visu nakti. Saturna spožums šajā laikā būs +0^m.4. Visu vasaru Saturns atradīsies Ūdensvīra zvaigznājā. 7. jūlijā plkst. 7 Mēness paies garām 3° uz leju, 3. augustā plkst. 14 – 3° uz leju, 8. septembrī plkst. 15 – 3° uz leju no Saturna.

Pašā vasaras sākumā **Urāns** būs novērojams rītos, jūlijā – nakts otrajā pusē. Tomēr šajā laikā traucēs ļoti gaišās nakts. Augustā tas būs redzams gandrīz visu nakti, izņemot vakara stundas. Vasaras beigās Urāns būs novērojams visu nakti, turklāt tad vairs netraucēs gaišās debesis. Urāna spožums šajā laikā būs +5^m.7; lai to atrastu un aplūkotu, nepieciešams vismaz binoklis un zvaigžņu karte. Visu vasaru tas atradīsies Auna zvaigznājā. 12. jūlijā plkst. 19 Mēness paies garām 1,5° uz augšu, 9. augustā plkst. 2 – 1,5° uz augšu, 5. septembrī plkst. 10 – 1,5° uz augšu no Urāna.

ASTEROĪDI

2023. gada vasarā opozīcijā vai tuvu opozīcijai un spožāki par +9^m būs divi asteroīdi – Flora (8) un Eunomija (15).

Flora

Datums	Rektascensija	Deklinācija	Attālums no Zemes, au	Attālums no Saules, au	Spožums, zv. l.
31.07.	22 ^h 52 ^m	–13°39′	1,119	2,050	9,2
10.08.	22 ^h 47 ^m	–15°02′	1,056	2,033	8,9
20.08.	22 ^h 40 ^m	–16°35′	1,015	2,016	8,6
30.08.	22 ^h 31 ^m	–18°07′	0,996	2,000	8,5
9.09.	22 ^h 22 ^m	–19°25′	1,000	1,984	8,7
19.09.	22 ^h 14 ^m	–20°20′	1,026	1,969	8,9

Eunomija

Datums	Rektascensija	Deklinācija	Attālums no Zemes, au	Attālums no Saules, au	Spožums, zv. l.
21.06.	19 ^h 24 ^m	–25°44′	1,750	2,727	9,3
1.07.	19 ^h 14 ^m	–25°25′	1,699	2,708	9,0
11.07.	19 ^h 04 ^m	–25°01′	1,674	2,689	8,9
21.07.	18 ^h 53 ^m	–24°32′	1,677	2,669	9,1
31.07.	18 ^h 44 ^m	–23°57′	1,706	2,650	9,3



KOMĒTAS

103P/Hartley komēta

Hārtlija 2. komēta 2023. gada 12. oktobrī atradīsies perihēlijā. Vasaras beigās un rudens sākumā tā būs novērojama ar binokļu un teleskopu palīdzību. Komētas efemerīda ir šāda (0^h UT):

Datums	Rektascensija	Deklinācija	Attālums no Zemes, au	Attālums no Saules, au	Spožums, zv. l.
20.08.	1 ^h 28 ^m	+38°29′	0,536	1,287	9,3
25.08.	1 ^h 56 ^m	+40°30′	0,498	1,252	8,9
30.08.	2 ^h 29 ^m	+42°04′	0,465	1,219	8,6
4.09.	3 ^h 06 ^m	+42°57′	0,438	1,188	8,2
9.09.	3 ^h 46 ^m	+42°57′	0,416	1,159	7,9
14.09.	4 ^h 27 ^m	+41°54′	0,399	1,134	7,6
19.09.	5 ^h 08 ^m	+39°45′	0,388	1,095	7,4
24.09.	5 ^h 45 ^m	+36°39′	0,383	1,080	7,2

MĒNESS

Mēness perigejā un apogejā

Perigejā: 5. jūlijā 1^h;

2. augustā 9^h; 30. augustā 19^h.

Apogejā: 22. jūnijā 22^h;

20. jūlijā 10^h; 16. augustā 15^h;

12. septembrī 19^h.

Mēness fāzes

● Jauns:

17. jūlijā 21^h32^m;

16. augustā 12^h38^m;

15. septembrī 4^h40^m.

● Pirmais ceturksnis:

26. jūnijā 10^h50^m;

26. jūlijā 1^h07^m;

24. augustā 12^h57^m;

22. septembrī 22^h32^m.

○ Pilnmēness:

3. jūlijā 14^h39^m;

1. augustā 21^h31^m;

31. augustā 4^h35^m.

● Pēdējais ceturksnis:

10. jūlijā 4^h48^m;

8. augustā 13^h28^m;

7. septembrī 1^h21^m.



Hārtlija 2. komētas kodols

2023. gada vasarā nebūs planētu un spožu zvaigžņu aizklāšanas.

METEORI

Jūlija otrajā pusē un augustā novērojamas vairākas aktīvas meteoru plūsmas.

1. Delta Akvarīdas. Plūsmas aktivitātes periods ir no 12. jūlija līdz 23. augustam. 2023. gadā maksimums gaidāms naktī no 30. uz 31. jūliju, kad vienas stundas laikā var cerēt ieraudzīt līdz 25 meteoriem. Ap to pašu

periodu aktīvas ir vēl dažas vājākas plūsmas. Tāpēc reāli novērojamais meteoru skaits var būt vēl lielāks, vienīgi visi tie nepiederēs pie Delta Akvarīdu meteoru plūsmas.

2. Perseīdas. Tā ir pieskaitāma pie pašām aktīvākajām un stabilākajām meteoru plūsmām. Perseīdu aktivitātes periods ir no 17. jūlija līdz 24. augustam. 2023. gadā maksimums gaidāms 13. augustā, it īpaši rīta pusē. Tad intensitāte var sasniegt pat 110 meteoru stundā.

ABONĒ ŽURNĀLU *ZVAIGŽNOTĀ DEBESS*

UN ARĪ TURPMĀK UZZINI PAR
JAUNĀKAJIEM ATKLĀJUMIEM ASTRONOMIJĀ!

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

ŽURNĀLS IZNĀK ČETRAS REIZES GADĀ: MARTĀ, JŪNIJĀ, SEPTEMBRĪ UN DECEMBRĪ
2023. gada abonementa cena 9,00 EUR

ABONĒ LATVIJAS PĀSTA NODAĻĀS VAI INTERNETĀ: PASTS.LV

ABONĒŠANAS INDEKSS LATVIJAS PASTĀ: 2214



ISSN 0135-129X



Cena 3,00 €