

Zvaigžņotā 2020 VASARA **DEBESS**

Viss, ko tu gribēji
zināt par

ASTRONOMIJU

Satelītu

EKSPANSIJA

Vai esam gatavi?

Latvijā pēta

SAULES VĒJA

noslēpumus

Kad
UZSPRĀGS
Betelgeize?

Izdevējs



**LATVIJAS
UNIVERSITĀTE**

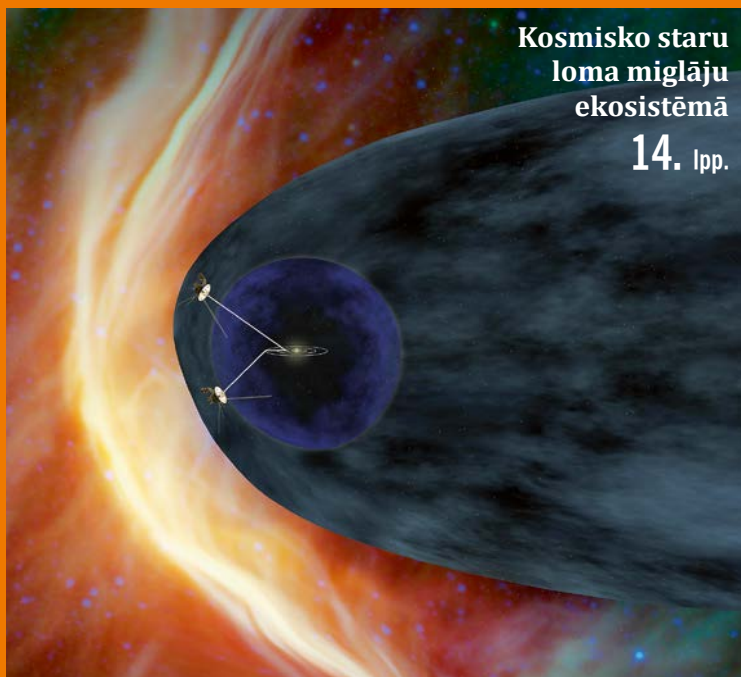
Raķetes no hobitu
zemes

38. lpp.



Kosmisko staru
loma miglāju
ekosistēmā

14. lpp.



Arī milimetram
ir nozīme

6. lpp.



Mēs esam kā zivis
gaisa jūras dibenā

8. lpp.



Neutronu zvaigžņu viela
laboratorijā

20. lpp.



HUBBLE SPACE TELESCOPE
30 YEARS OF EXPLORATION

Daudz laimes
dzimšanas dienā, *Habl!*

2. lpp.

ZVAIŽŅOTĀ DEBESS
2020. GADA VASARA (248)

Izdevējs:



LATVIJAS
UNIVERSITĀTE

Dibinātājs: Latvijas Zinātņu akadēmijas
Astrofizikas laboratorija (1958).

Zvaižņotā 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 Žarāne,
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

Interneta resursi: www.lu.lv/zvd

Digitālais arhīvs: <https://dspace.lu.lv/dspace/handle/7/1171>

Uz 1. vāka. Betelgeize – pārmilzu zvaigzne Oriona zvaigznājā – nesen piedzīvoja spožuma samazināšanos. Attēlā: zvaigznes iespējamais izskats mākslinieka interpretācijā. Avots: ESO/L. Caļçada, CC BY 4.0

Uz 4. vāka. Atzīmējot Habla kosmiskā teleskopa 30 darba gadus orbītā, 2020. gada aprīlī tika publicēts vizuāli iespaidīgs miglāja NGC 2014 un ar to saistītās zvaigžņu kopas attēls. Avots: NASA, ESA, STScI

SATURS

AKTUĀLI

- Jaunami īsumā.** *Ilgonis Vilks, Raitis Misa* 2
Ceļā uz milimetra precizitāti. *Jānis Kaminskis* 6
Adaptīvās optikas pētījumi
Latvijas Universitātē. *Varis Karitāns* 8

VISUMA IZPĒTE

- Kosmiskie stari darbībā.** *Juris Kalvāns* 14
Neitronu zvaigznes un hiperkodoli.
Olģerts Dumbrājs, Juris Lukstiņš 20

SAULES SISTĒMA

- Saules vēja izcelsmes noslēpumi.**
Artūrs Vrubļevskis 25

KOSMISKIE LIDOJUMI

- Starlink satelītu ekspansija.** *Raitis Misa* 32
Raķete no hobitu zemes. *Raitis Misa* 38

OLIMPISKAIS IZAICINĀJUMS

- Debess spīdekļu spožums un starjauka.**
Sagatavojis Māris Krastiņš 41

JAUNA GRĀMATA

- Tapis rakstu krājums par Frīdrihu Canderu.**
Ilgonis Vilks 43

ASTROVIETA

- Teides observatorija Tenerifē.** *Jānis Kauliņš* 45

FOTOSTĀSTS

- Dienvidu debess sudraba monēta.**
Kristaps Kemlers 46

AMATIERU ASTRONOMIJA

- Kas notiek ar Betelgeizi?** *Ilgonis Vilks* 48
Lasi, klausies, skaties! *Anna Gintere* 51

LATVIJAS ZINĀTNIKI

- Radioteleskopu antenām veltīts mūžs.**
Edgars Bervalds (1936–2019). *Ilgonis Vilks* 54

MOBILĀ LIETOTNE

- Ātrai uzziņai par Sauli un Mēnesi.**
Mārtiņš Gills 59

DEBESS APSKATS

- Debess spīdekļi 2020. gada vasarā.**
Juris Kauliņš 60

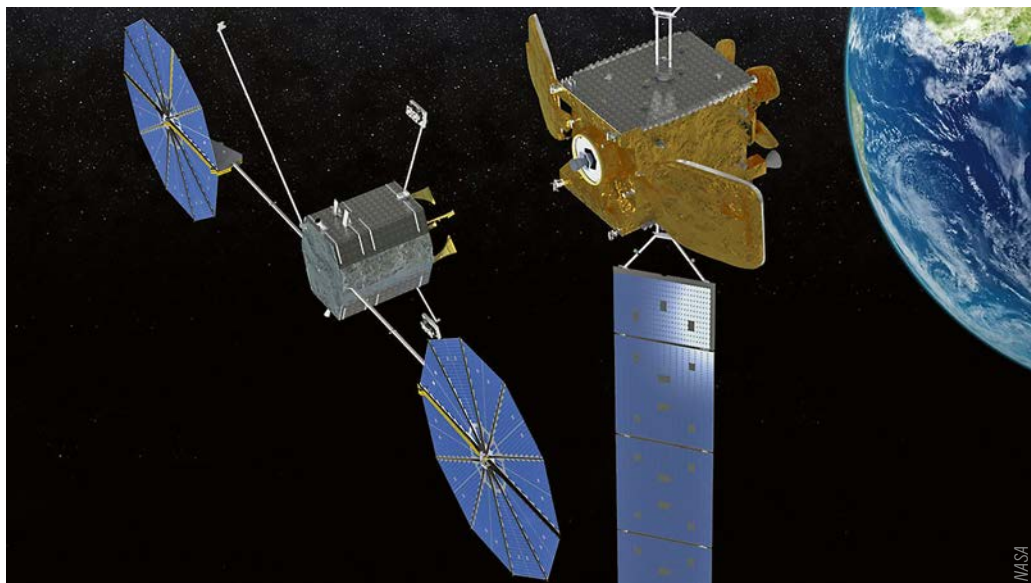
Jaunumi īsumā

PIRMO REIZI SAVIENOJAS DIVI SATELĪTI

Kosmosa kuģu savstarpēja savienošanās vai pievienošanās Starptautiskajai kosmosa stacijai ir pierasts notikums, turklāt tiem ir speciāli saka-bināšanās mezgli. 2020. gada 25. februārī pirmo reizi kosmosā savienojās divi satelīti, no kuriem viens nemaz nebija paredzēts, lai veiktu šādu darbību. Stāsts ir par sakaru pavadoni *Intelsat-901*, kas tika palaists ģeostacionārā

orbītā 2001. gadā. Tā degvielas krājumi, kas nepieciešami orbitālā stāvokļa koriģēšanai, tuvojās beigām. Tā vietā, lai nogādātu satelītu tā sauktajā kapsētas orbītā un palaistu jaunu, satelīta īpašnieki nolēma rīkoties citādi un nolīga firmu *Northrop Grumman*, kas izgatavoja jaunu satelītu – *Mission Extension Vehicle 1* (MEV-1). Tā uzdevums bija tuvoties satelītam *Intelsat-901* un savtvert to aiz dzinēja sprauslas.

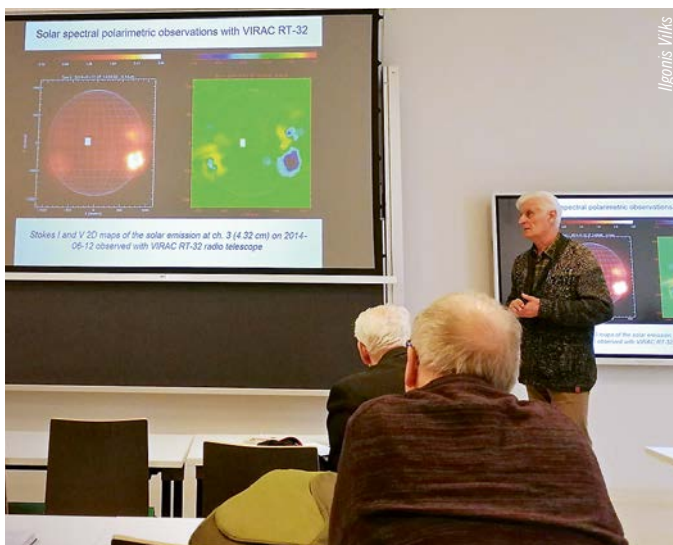
Tas arī veiksmīgi tika izdarīts. Turpmākos piecus gadus abi satelīti ceļos kopā, un MEV-1 veiks visus nepieciešamos manevrus, tādējādi pagarinot sakaru pavadona darbību. Aprīlī *Intelsat-901* tika nogādāts plānotajā pozīcijā un atsāka interneta sakaru nodrošināšanu. Pēc pieciem gadiem MEV-1 pārvietos *Intelsat-901* kapsētas orbītā un pats dosies apkalpot kādu citu satelītu. 🚀



Pa kreisi – MEV-1, pa labi – *Intelsat-901*

LATVIJAS ASTRONOMIJAS GADA RAŽA

2020. gada 27. februārī Latvijas astronomi Latvijas Universitātes 78. starptautiskās zinātniskās konferences Astronomijas sekcijā iepazīstināja ar saviem jaunākajiem pētījumu rezultātiem. Tika nolasīti 14 ziņojumi. Ar sešiem priekšlasījumiem uzstājās Latvijas Universitātes Astronomijas institūta zinātnieki, ar septiņiem ziņojumiem – Ventspils Starptautiskā radioastronomijas centra pārstāvji. Konferenci atklāja Dainis Draviņš no Lundas Universitātes, kurš stāstīja par zvaigžņu spektroskopiju un citplanētu meklēšanu. Ziņojumu tematika bija ļoti daudzveidīga: satelītu lāzerlokācijas jaunu, jaunu asteroīdu atklāšana un komētu novērojumi,



Saules koronālo caurumu un vainaga magnētisko struktūru pētījumi, starpzvaigžņu molekulu novērojumi un teorētiskā modelēšana, jaunu oglekļa zvaigžņu atklāšana un izpēte, lacertīdu novērojumi. Bija pārstāvēts ļoti plašs

novērojamo objektu klāsts, sākot ar satelītiem, kas "lidinās tepat deguna galā", un beidzot ar tālu galaktiku aktīvajiem kodoliem. Svarīgi, ka konferencē uzstājās arī studenti, kas ar laiku veidos Latvijas astronomu jauno paaudzi. 🦋

HABLA KOSMISKAJAM TELESKOPAM – 30

Šķiet, ka neviens cits teleskops atpazīstamības un popularitātes ziņā nevar sacensties ar Habla kosmisko teleskopu, kurš jau 30 gadus mūs priecē ar izciliem kosmisko objektu attēliem. Attēlu ir tik daudz, ka tos pat grūti saskaitīt, bet zināms, ka zinātniskajos žurnālos publicēti vairāk nekā 17 000 rakstu, kuros izmantoti teleskopa iegūtie dati. Habla kosmiskais teleskops tika nogādāts kosmosā 1990. gada 24. aprīlī, un šis datums tiek uzskatīts

par teleskopa "dzimšanas dienu". Tas ir piedzīvojis piecas apkopes misijas, kuru laikā tika atjaunināta teleskopa aparatūra un veikti nepieciešamie remontu. Šīs misijas ir viens no iemesliem, kādēļ mēs tagad varam atzīmēt apaļo jubileju. Pēc 2003. gada kosmosa kuģa *Columbia* katastrofas tika paziņots, ka apkopes vairs netiks veiktas, tomēr 2005. gadā, mainoties NASA vadībai, tika nolemts īstenot pēdējo apkopi. 2009. gada maijā teleskops tika aprīkots ar jaunākās paaudzes astronomiskajām kamerām. Paredzams,

ka Habla kosmiskais teleskops darbosies vismaz līdz 2030. gadam, ļoti iespējams, pat ilgāk. Daudz laimes dzimšanas dienā, *Habl!* 🦋

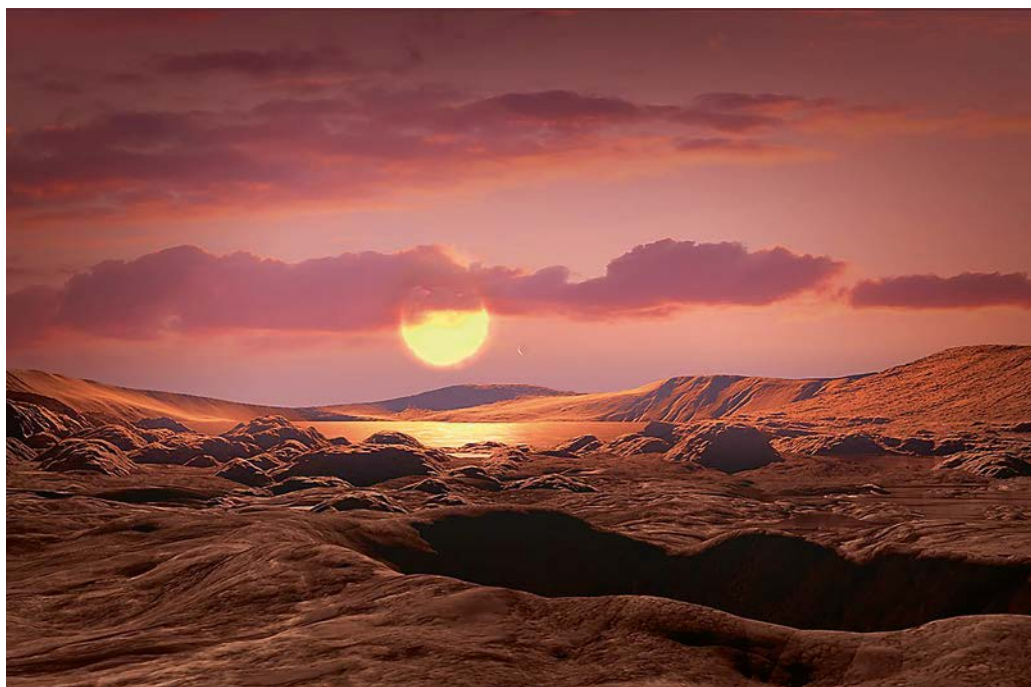


ZEME 2.0 SARKANĀ PUNDURA VERSIJĀ

Pārskatot Keplera kosmiskā teleskopa datus, 2020. gada aprīlī tika atrasta pagaidām Zemei vislidzīgākā eksoplanēta *Kepler-1649c*. Tā riņķo apdzīvojamā zonā, kur iespējama šķidra ūdens pastāvēšana uz planētas virsmas. Planētas rādiuss ir tikai 1,06 reizes lielāks nekā Zemei, un tā saņem no zvaigznes par 25% mazāk apgaismojuma nekā Zeme.

Varētu domāt, ka uz *Kepler-1649c* ir vēsāks nekā pie mums, taču par planētas atmosfēras sastāvu nekas nav zināms. Ja tajā ir daudz siltnīcas gāzu, temperatūra var būt tāda pati kā uz mūsu planētas, un tur var būt šķidrums ūdens (ja tur ir ūdens). Taču ir arī būtiska atšķirība. *Kepler-1649c* riņķo nevis ap Saules tipa zvaigzni, bet ap sarkano punduri, veicot vienu apriņķojumu 19,5 Zemes dienās.

Planēta atrodas ļoti tuvu zvaigznei, līdz ar to apstākļus uz tās var spēcīgi ietekmēt uzliesmojumi, kas ir raksturīgi sarkanajiem punduriem. Tiesa, konkrētajai zvaigznei uzliesmojumi pagaidām nav konstatēti. Var gadīties arī, ka zvaigznes izraisītie paisumi ir nobremzējuši planētas rotāciju. Tādā gadījumā viena planētas puse ir karsta, otra – auksta, un dzīvības pastāvēšanas iespējas ir minimālas. 🏹



Brīvpieejas attēls

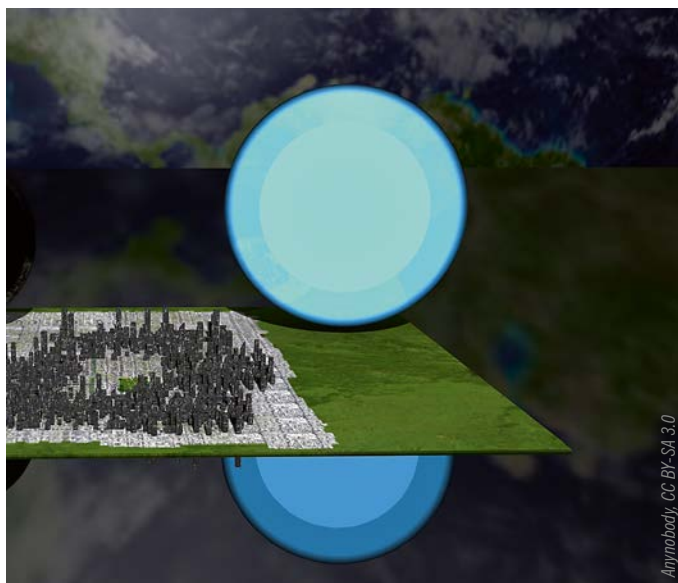
PRECIZĒTI NEITRONU ZVAIGŽŅU IZMĒRI

Jau pasen bija zināms, ka neitronu zvaigžņu diametrs ir 19–27 kilometri. Tas ir fantastiski precīzs rezultāts. Protams, neitronu zvaigznes atrodas tik tālu, ka to

diametru tieši izmērīt nevar. To izmērus novērtē, kombinējot pulsāru rotācijas un rentgenstarojuma avotu novērojumus ar kodolfizikas teorētiskajiem priekšstatiem un vispārīgo relativitātes teoriju. Visas neitronu

zvaigznes sastāv gandrīz tikai no neitroniem, kas ir “sapakoti” aptuveni līdz atomu kodolu blīvumam. Iztēlojieties, ka vienā tējkarotē varētu “iebērt” 900 Heopsa piiramīdu! Neitronu zvaigžņu masa ir robežās no 1,1 līdz

2,2 Saules masām, tāpēc to izmēru atšķirības ir nelielas. Starptautiska pētnieku grupa no A. Einšteina institūta un M. Planka Gravitācijas fizikas institūta būtiski uzlaboja neitronu zvaigžņu diametra noteikšanas precizitāti. Viņi izmantoja daudzū observatoriju iegūtos datus par divu neitronu zvaigžņu saplūšanu 2017. gadā, kas radija gravitācijas viļņus, un noteica, ka neitronu zvaigžnei, kas ir 1,4 reizes masīvāka nekā Saule, diametrs ir 20,8–23,8 kilometri. Starp citu, tas atbilst Rīgas izmēriem. 🌟



Neitronu zvaigzne ir aptuveni Rīgas lielumā

Anybody, CC BY-SA 3.0

SABRŪK KOMĒTA, SABRŪK CERĪBAS

2020. gada pavasarī astronomi lika lielas cerības uz komētu C 2019 Y4 ATLAS, kas strauji kļuva spožāka. Kādā

brīdī tā bija pasludināta par zaļāko objektu Saules sistēmā. Izteikti zaļo krāsu komētai piešķīra oglekļa divatomu molekulu starojums. Bija sagaidāms, ka maijā komētas

spožums sasniegs 0. zvaigžņu lielumu un tā būs lieliski saskatāma ar neapbruņotu aci. Taču ap 22. martu komēta sāka sadalīties gabalos, un tās spožums, gluži pretēji, samazinājās. Šo procesu novēroja ne tikai ar Habla kosmisko teleskopu, bet arī Lielzeltiņu observatorijā tepat Latvijā. Sabruka komēta, sabruka astronomijas amatieru cerības novērot spožu objektu. Ziemeļu puslodē pēdējā novērotā spožā komēta bija Heila–Bopa komēta 1997. gadā. Daļējas aizstājtējas lomu “uzņēmas” komēta C/2020 F8 SWAN, kuru atklāja 2020. gada 25. martā. Jūnija sākumā tā atrodas Vedēja zvaigznājā netālu no Kapellas, un komētas prognozētais spožums (raksta tapšanas brīdī tas vēl nav precīzi zināms) ir 5. zvaigžņu lielums. 🌟



ATLAS komētas uzņēmums Lielzeltiņu observatorijā 25. martā, kad komētas sadalīšanās tikko bija sākusies

Sergejs Klimanskis



Latvijas Universitātes Astronomijas institūta lāzerlokācijas teleskops LS-105

Ceļā uz milimetra PRECIZITĀTI

IZMANTOJOT PRECĪZUS KOORDINĀTU MĒRĪJUMUS, IESPĒJAMS SEKOT ZEMES GAROZAS KUSTĪBAI, IEVIEST JAUNAS TEHNOLOĢIJAS MŪSU PLANĒTAS IZPĒTĒ UN VARBŪT ATKLĀT VĒL NEIZZINĀTO

Rīgas Tehniskajai universitātei ir ilgstoša un veiksmīga sadarbība ar Latvijas Universitātes Astronomijas institūtu tajos darbos, kas saistīti ar Zemes virsmas punktu

precīzu koordinātu noteikšanu. Jaunā pētījuma *Globālā ģeodēziskā tīkla ilgtermiņa stabilitātes novērtēšana ar kosmiskās ģeodēzijas metodēm (SpaceGeoNet)* aktualitāti nosaka sabiedrības pieaugoša

interese par precīzu un globālu koordinātu telpu, tā teikt, par koordinātu noteikšanas precizitāti līdz vienam milimetram jebkurā vietā un laikā. Tādējādi iespējams sekot ģeodinamiskiem procesiem

(Zemes garozas kustībai) laika gaitā, sekot klimata izmaiņām, ieviest jaunas tehnoloģijas planētas izpētē un atklāt vēl neizzinātus procesus, atklāt jaunas dabas kopsakarības un izmaiņu tendences, t. i., ieskatīties nākotnē.

Praksē katrā valstī un kontinentā precīzās koordinātas nodrošina Starptautiskais Zemes atbalsta tīkls (*International Terrestrial Reference Frame*), ko veido vienotā tīklā saistīti stabili atskaites punkti. Šā tīkla realizēšanai nepieciešami arī matemātiskie modeļi, kas apraksta Zemes virsmu (dinamiskie Zemes elipsoīda parametri) un Zemes gravitācijas lauku. Tāpat jāspēj precīzi savienot t. s. ģeocentrisko koordinātu sistēmu ar Starptautisko debess koordinātu sistēmu (*International Celestial Reference Frame*). Šie darbi notiek saskaņā ar 2015. gada ANO rezolūciju *Par globālā ģeodēziskā atskaites tīkla nozīmi ilgtermiņa attīstībā*.

Jaunajā pētījumā plašāk pielietosim Zemes mākslīgo pavadoņu lāzerlokācijas ģeodēziskos novērojumus, kas regulāri kopš 1987. gada notiek Astronomijas institūta lāzerlokācijas stacijā Rīgā, kas savukārt ir saistīta ar turpat izvietoto Globālās navigācijas satelītu sistēmas (*Global Navigation Satellite System*) bāzes staciju un kas vienlaikus ir Latvijas ģeodēziskās koordinātu sistēmas (LKS-92) sākumpunkts. Observatorijas lāzerlokācijas teleskops LS-105 darbojas

LĀZERLOKĀCIJAS TELESKOPS LS-105 IR VIENĪGAIS BALTIJAS VALSTĪS UN SNIEDZ BŪTISKU IEGULDĪJUMU KOSMISKAJĀ ĢEODĒZIJĀ

gan pasaules novērojumu tīklā, gan ir piesaistīts Latvijas ģeodēziskajam tīklam, kas ir būtiski ilgtermiņa pētījumos. Tas ir vienīgais Baltijas valstīs un sniedz būtisku Latvijas ieguldījumu kosmiskās ģeodēzijas novērojumu datu iegūšanā Globālās ģeodēzijas novērošanas sistēmas (*Global Geodetic Observing System*) mērķu sasniegšanā. Astronomijas institūta lāzerlokācijas stacija kopš 2019. gada ir šīs sistēmas sertificēta dalībniece. Sākotnēji izmantosim vienā vietā savietotas divas kosmiskās ģeodēzijas tehnoloģijas – pavadoņu

lāzerlokāciju un Globālo navigācijas satelītu sistēmu. Turpmāk pētīsim iespēju pievienot vēl trešo kosmiskās ģeodēzijas novērojumu metodi – ļoti garas bāzes radiointerferometriju.

Galvenie projekta veicēji ir Rīgas Tehniskās universitātes Ģeomātikas katedra un Latvijas Universitātes Astronomijas institūts, kuru rīcībā ir nepieciešamie tehniskie instrumenti, starptautiskā pieredze un zināšanas. Novērojumi jau notiek un tiks paplašināti, īpaši laika periodā līdz 2023. gadam. 🚀

The Global Geodetic Observing System

IUGG

GGOS Global Geodetic Observing System

Riga SLR Station
Institute of Astronomy
University of Latvia

is a member of the
GGOS Space Geodesy Network

Richard A. Howe
Richard A. Howe, Chair
Global Geodetic Observing System

Michael Pearman
Michael Pearman, Director
GGOS Bureau of Networks and Observations

Astronomijas institūta lāzerlokācijas stācijas Globālās ģeodēzijas novērošanas sistēmas sertifikāts



ESO/Vari Beletsky, CC BY 4.0

Eiropas Dienvidu observatorijas 8 metru teleskopa "izšautais" lāzera stars augstu atmosfērā veido mākslīgo zvaigzni. Analizējot tās gaismu, iespējams mazināt atmosfēras radītos traucējumus

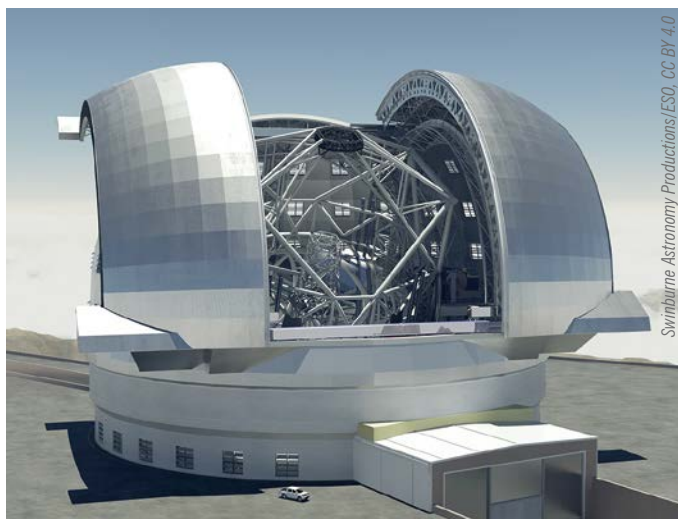
Adaptīvās optikas pētījumi Latvijas Universitātē

MĒS DZĪVOJAM GAISA JŪRAS DIBENĀ,
UN JŪRAS VIĻŅOŠANĀS TRAUČĒ SASKATĪT TO,
KAS NOTIEK ĀRPUSĒ, KOSMOSĀ

Attēlu kvalitāti, ko spēj sasniegt Zemes teleskopi, ierobežo atmosfēras viļņošanās. Novērojot debess objektus cauri viļņainam atmosfēras slānim, sīku detaļu saskatāmība būtiski pasliktinās. Viegli iztēloties, ka no punktveida objekta, piemēram, tālas zvaigznes, uz visām pusēm izplatās gaismas vilnis jeb viļņu fronte, kas pirms ieešanas atmosfērā ir plakana, bet, izejot tai cauri, tiek deformēta, un tieši šīs deformācijas attēla kvalitāti pazemina.

Atmosfēras viļņošanās neietekmē vienīgi orbitālos teleskopus, piemēram, Habla kosmisko teleskopu un gaidāmo Džeimsa–Veba kosmisko teleskopu. Salīdzinājumā ar virszemes teleskopiem atmosfēras nelabvēlīgā ietekme daudz mazākā apjomā jūtama arī, ja novēro debess objektus no stratosfēras baloniem, kas atrodas dažu desmitu kilometru augstumā.

Nolūkā savākt iespējami vairāk gaismas no tāliem un ļoti vāji starbojošiem debess ķermeņiem, tiek būvēti arvien lielāki un lielāki teleskopi, piemēram, Ārkārtīgi lielais teleskops, kura diametrs būs 39 metri. No iecerēs būvēt teleskopu 100 metru diametrā astronomi atteicās konstrukciju sarežģītības un milzīgo izmaksu dēļ. Lielāks diametrs nozīmē ne tikai vairāk gaismas, bet arī lielāku izšķirtspēju, tomēr jāatceras, ka atmosfēras viļņošanās negatīvā ietekme uz teleskopa izšķirtspēju



Swinburne Astronomy Productions/ESO, CC BY 4.0

Tā izskatīsies Eiropas Dienvidu observatorijas 39 metru teleskops

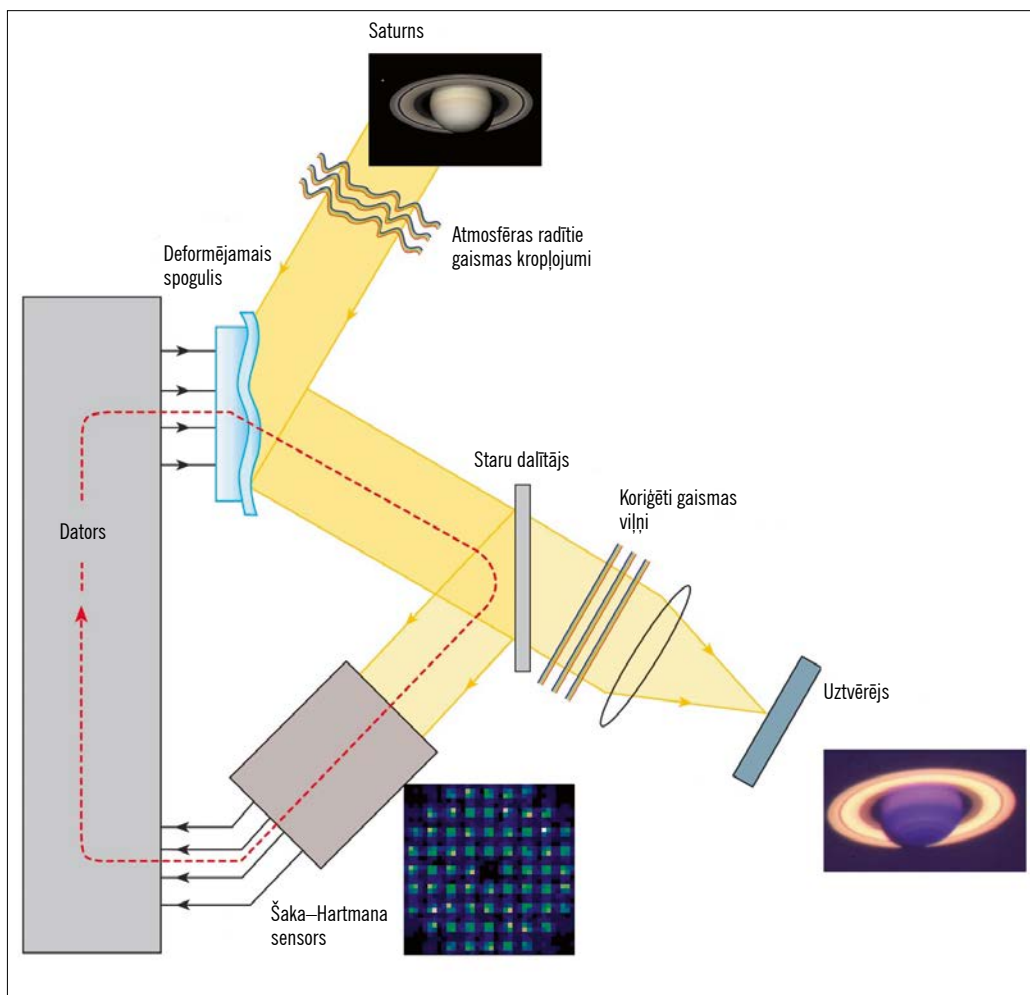
strauji pieaug, palielinoties teleskopa diametram.

Atmosfēras negatīvo ietekmi uz attēla kvalitāti bieži raksturo, izmantojot punktveida objekta attēlu, ko veido optiskā sistēma. Šo punktveida objekta attēlu sauc par punkta izplūdes funkciju. Ja teleskopa diametrs ir robežās no dažiem centimetriem līdz pāris desmitiem centimetru, tad punkta izplūdes funkcija līdzinās labi pazīstamajai difrakcijas ainai, proti, centrālajam diskam, ko sauc

par Eiri (*Airy*) disku un ko aptver koncentriski gredzeni. Nevainojamā optiskā sistēmā šāds ir punktveida objekta attēls. Teleskopa diametram pārsniedzot šo robežu, punkta izplūdes funkcija izplūst un kļūst neregulāra, un attēla kvalitāte pazeminās.

Lai paaugstinātu ar virszemes teleskopiem iegūto attēlu kvalitāti, nepieciešama adaptīvā optika. Vārds “adaptīvā” nozīmē, ka teleskopa optika pielāgojas atmosfēras radītajiem kropļojumiem. Adaptīvais elements

ATTĒLU MAKSIMĀLO KVALITĀTI, KO SPĒJ SASNIEGT ZEMES TELESKOPI, IEROBEŽO ATMOSFĒRAS VIĻŅOŠANĀS. NOVĒROJOT DEBESS OBJEKTUS CAURI VIĻŅAINAM ATMOSFĒRAS SLĀNIM, SĪKU DETAĻU SASKATĀMĪBA BŪTISKI PASLIKTINĀS



Ecdeluz, CC-BY-SA 4.0

Adaptīvās optikas darbības princips

šādās optiskās sistēmās parasti ir deformējams spogulis, kas sastāv no daudziem atsevišķiem segmentiem, no kuriem katrs ir pārvietojams. Segmentu pārvietošanas mehānismi ir dažādi, bet ļoti bieži tiek izmantoti pjezomateriāli, kas maina savu izmēru atkarībā no tiem pieliktā sprieguma. To, cik veiksmīgi deformējams spogulis koriģē atmosfēras kropļojumus, mēra sensors.

Astronomijā visbiežāk izmantotais sensors ir Šaka–Hartmana (*Shack–Hartmann*) sensors, kas sastāv no mikrolēcu matricas, proti, daudzām sīkām lēcām, kas novietotas uz stikla vai cita materiāla plāksnītes, un attēla uztvērēja. Šaka–Hartmana sensors atmosfēras kropļojumus mēra, novērtējot fokālo punktu nobīdi attēla uztvērēja plaknē. Sensora darbībai nepieciešams spožs gaismas

avots, kura izstarotajā gaismā tiek mērīti atmosfēras kropļojumi. Ja pētāmais objekts ir spožs vai arī tā tuvumā ir spožs, dabisks gaismas avots, atmosfēras radītos kropļojumus var mērīt, izmantojot šā avota gaismu.

Visbiežāk tas gan nav iespējams, jo spoži gaismas avoti atrodami aptuveni tikai 1% visas debess sfēras. Tas nozīmē, ka parasti nepieciešams spožs, mākslīgs

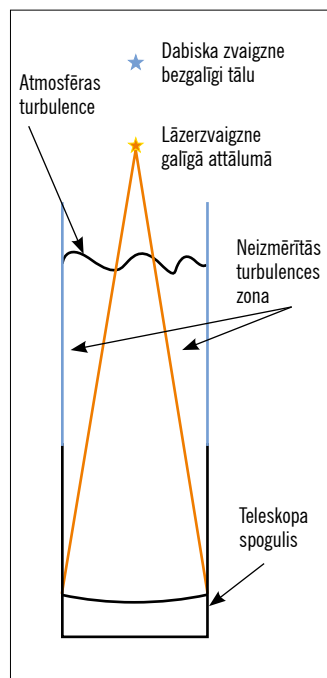
gaismas avots, ko iespējams notatīt pētāmajam objektam tik tuvu, cik nepieciešams. Šādi mākslīgie gaismas avoti ir lāzerzvaigznes, kas iedalāmas Releja zvaigznēs, ko rada gaismas izkliede ultravioletajā spektra daļā, un nātrija lāzerzvaigznēs, ko rada nātrija atomu rezonanse aptuveni 100 kilometru augstumā. Nātrija lāzerzvaigznes staro oranžā krāsā, un tās tiek izmantotas visbiežāk (sk. attēlu 8. lpp.).

Tā kā lāzerzvaigzne atrodas galīgā attālumā no novērotāja, pretstatā dabiskajiem avotiem, kas atrodas praktiski bezgalīgā attālumā, rodas konusa problēma, proti, atmosfēras viļņošana tiek izmērīta koniskā apgabalā, bet konusa sānos tā paliek neizmērīta. Konusa problēma ierobežo adaptīvās optikas efektivitāti, un tās risināšanai nereti tiek apsvērta iespēja izmantot daudzas gredzenveidā izkārtotas lāzerzvaigznes. Jāņem vērā arī tas, ka šobrīd adaptīvā optika attēlu kvalitāti visvairāk spēj uzlabot infrasarkanajā spektra daļā. Tas saistīts ar to, ka atmosfēras radītie kropļojumi infrasarkanajā

spektra daļā ir daudz mazāki nekā redzamajā daļā.

Pēdējos gados optikā arvien populārākas kļūst skaitliskās metodes, kas sniedz iespēju aprēķināt optisko kropļojumu formu un apjomu. Šīs metodes ietver gan difrakcijas ainu analīzi, gan dažādas matemātiskas metodes. Šīs skaitliskās metodes risina problēmu, ko optikā pazīst kā fāzes problēmu, proti, attēla uztvērējs mēra tikai gaismas intensitāti, turpretī informāciju par optisko kropļojumu formu un lielumu zaudē. Šajās metodēs tiek lietoti dažādi optimizācijas algoritmi, kas iteratīvā veidā tuvojas pareizajam atzinājumam. Šaka-Hartmana metodes priekšrocība ir tajā izmantotā algoritma vienkāršība, savukārt trūkums ir neprecizitāte, ja mērāmais signāls ir vājš, salīdzināms ar troksni. Šā iemesla dēļ Šaka-Hartmana metodei, kā jau minēts iepriekš, nepieciešams spožs gaismas avots. Skaitlisko metožu priekšrocība ir to vienkāršā fizikālā īstenošana, turpretī būtisks trūkums ir skaitliskā ietilpība un līdz ar to arī laikiētelpība.

Raksta autors, strādājot Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūtā, īsteno Latvijas Investīciju un attīstības aģentūras komercializācijas projektu *Jaunas paaudzes viļņu frontes sensori, kuros izmantota kodēto difrakcijas struktūru metode* (projekta numurs KC-PI-2017/105). Šajā projektā tiek pētītas nesenas radītas skaitliskas metodes *PhaseLift* izmantošanas iespējas astronomijā attēlu



Varis Karliņš

Vienkāršota konusa problēmas ilustrācija. Atmosfēras turbulences mērīšanai visbiežāk izmanto nātrija lāzerzvaigzni, kas no novērotāja atrodas galīgā attālumā, turpretī dabiskie objekti atrodas praktiski bezgalīgā attālumā. Attālumu atšķirības dēļ no lāzerzvaigznes nākošā gaisma, kurā atmosfēras turbulences tiek mērīta, veido konusu, kam apkārt ir zona, kuras turbulences ietekmē debess objektu attēlu kvalitāti, bet netiek izmērīta

”
MĒROT ATMOSFĒRAS KROPĻOJUMUS AR “PHASELIFT” METODI, VAIRS NEBŪTU NEPIECIEŠAMS SPOŽS GAISMAS AVOTS, UN LĀZERZVAIGZNES VIETĀ BŪTU IESPĒJAMS IZMANTOT VĀJAS DABISKAS ZVAIGZNES

kvalitātes kontrolē. Metodes *PhaseLift* autors ir amerikāņu matemātiķis Emanuels Kandess (*Candés*), un viņa izveidotais algoritms, kā rāda simulācijas, spēj labi aprēķināt optiskos kropļojumus vāja signāla gadījumā.

Astronomijā tas nozīmē to, ka, mērot atmosfēras kropļojumus ar šo metodi, vairs nebūtu nepieciešams spožs gaismas avots, un lāzervaižnes vietā būtu iespējams novērot vājas dabiskas zvaigznes. Šādi tiktu atrisināta arī konusa problēma, paaugstinot adaptīvās optikas korekcijas efektivitāti. Izmantojot šo metodi, nepieciešams ļoti mazs modulējošo masku skaits, kas atvieglo tās ieviešanu optiskā sistēmā. Metode *PhaseLift*, kā jau visas skaitliskās metodes, arī ir skaitliski ietilpīga un laukietilpīga, tomēr tika atrastas matemātiskās optimizācijas metodes,

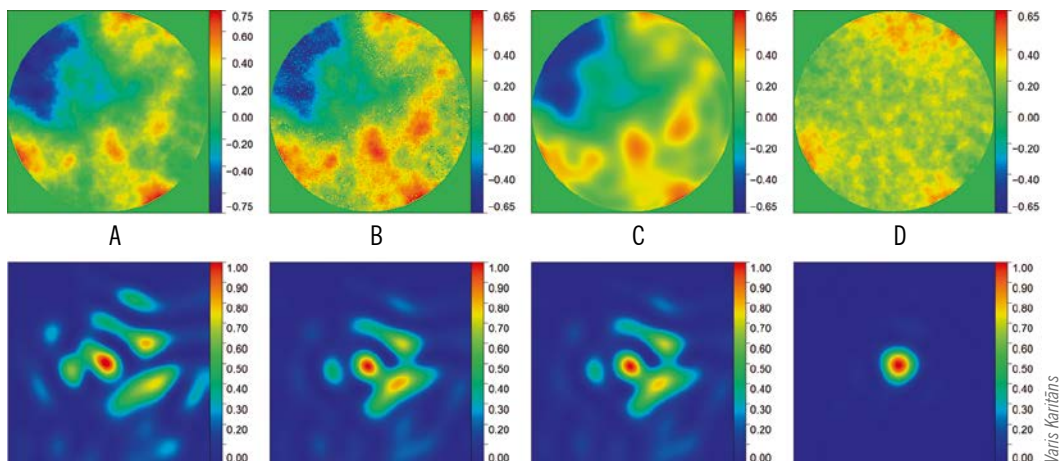
kas skaitļošanas slodzi būtiski samazina un metodes ātrdarbību palielina.

Metode *PhaseLift* pētīta gan simulāciju, gan praktisku eksperimentu veidā. Simulācijās tika izmantota Kolmogorova fāzes karte jeb atmosfēras optisko kropļojumu karte. Lai pētījumā izmantotu fāzes karti, saņemta Keka observatorijas astronoma Pētera Vizinoviča atļauja. Fāzes karte vispirms tika digitalizēta un tad modulēta, izmantojot tā sauktās binārās maskas. Simulācijas tika veiktas programmā MATLAB. Tālāk tika aprēķinātas modulētā objekta punkta izplūdes funkcijas, un, zinot modulācijā izmantotās maskas, fāzes karte tika rekonstruēta un salīdzināta ar oriģinālu. Simulācijas rezultāti parādīti attēlā. Redzams, ka, atņemot nogludināto fāzes karti no oriģinālās fāzes kartes, fāzes

karte kļūst daudz plakanāka un punkta izplūdes funkcija sašaurinās (lejā, D). Fāzes kartes atņemšana faktiski simulē adaptīvās optikas darbību.

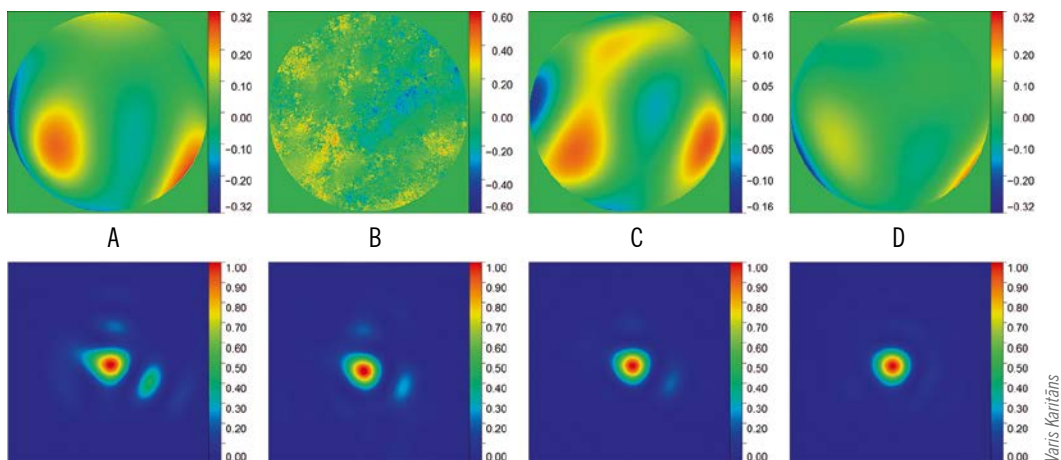
Praktiskos eksperimentos atmosfēras kropļojumi tika simulēti, izmantojot deformētu caurspīdīgu polidimetilsiloksāna slāni, kam cauri izplatījās paralēls lāzera staru kūlis. Caurizgājušā, izkropļotā lāzera viļņu fronte tika modulēta, izmantojot bināras maskas, kuru modulācijas veids bija tāds pats kā maskām, kas izmantotas simulācijās. Praktiski iegūtie dati, tāpat kā simulētie dati, apstrādāti, izmantojot programmu MATLAB. Praktisko eksperimentu rezultāti parādīti nākamajā attēlā.

Augšējā rindā A kolonnā redzama viļņu fronte, kas izmērīta, izmantojot Šaka-Hartmana sensoru. Viļņu frontes rekonstrukcija, kas



Varis Karitāns

Algoritma *PhaseLift* simulācija. Augšējā rindā: (A) oriģinālā Kolmogorova fāzes karte; (B) ar *PhaseLift* rekonstruētā fāzes karte; (C) rekonstruētā fāzes karte pēc trokšņa izfiltrēšanas; (D) starpība starp (A) un (C). Apakšējā rindā: augšējā rindā redzamajām fāzes kartēm atbilstošās punkta izplūdes funkcijas



Varis Karitāns

Algoritma *PhaseLift* eksperimentālā pārbaude. Augšējā rindā: (A) ar Šaka–Hartmana viļņu frontes sensoru izmērītā viļņu fronte; (B) ar *PhaseLift* rekonstruētā viļņu fronte; (C) rekonstruētā viļņu fronte pēc trokšņa izfiltrēšanas; (D) starpība starp (A) un (C). Apakšējā rindā: augšējā rindā attēlotajām viļņu frontēm atbilstošās punkta izplūdes funkcijas

aprēķināta, izmantojot algoritmu *PhaseLift*, dota B kolonnā. Rekonstrukcija ir daudz trokšņaināka nekā simulāciju gadījumā, un tas, iespējams, saistīts ne tikai ar mazo masķu skaitu, bet arī ar neprecizitātēm, kas varētu būt radušās, lāzera staru deformējošo plāksnīti ievietojot optiskajā sistēmā, kā arī ar kameras elektronikas trokšņiem. Kā redzams C kolonnā, pēc trokšņa izfiltrēšanas viļņu frontes virsma kļūst gludāka, līdzīgi kā simulācijās. Starpība starp oriģinālo viļņu fronti un nogludināto viļņu fronti parādīta D kolonnā.

Punkta izplūdes funkcijas, kas atbilst augšējā rindā attēlotajām viļņu frontēm, parādītas apakšējā rindā. Atņemot nogludināto viļņu fronti no oriģinālās viļņu frontes, punkta izplūdes funkcija sašaurinās un kļūst līdzīgāka tai, kāda novērojama optiskā sistēmā, ko ierobežo vienīgi difrakcija.

” INSTITŪTS, KURĀ STRĀDĀ AUTORS, PLĀNO IEGĀDĀTIES JAUNU ADAPTĪVĀS OPTIKAS IEKĀRTU, KURU PAREDZĒTS IZMANTOT “PHASELIFT” ALGORITMA PĀRBAUDĒ, NOVĒROJOT OBJEKTUS CAUR TURBULENTU GAISA SLĀNI

Pētījums *Optical phase retrieval using four rotated versions of a single binary amplitude modulating mask* publicēts Starptautiskās lietišķās optikas biedrības žurnālā *Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems*.

Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts plāno iegādāties jaunu adaptīvās optikas iekārtu, kurā ietilpst deformējams spogulis ar daudziem segmentiem un Šaka–Hartmana viļņu frontes

sensors ar augstu telpisko izšķirtspēju. Šo iekārtu paredzēts izmantot algoritma pārbaudei, novērojot objektus caur turbulentu gaisa slāni.

Līdztekus astronomijas pētījumiem autors īsteno arī pēcdoktorantūras projektu *Stiklveida ķermeņa apdulkojumu efekta samazināšana/likvidēšana, izmantojot fāzes informācijas iegūšanu ar kodēto difrakcijas struktūru metodi*, kurā algoritmu paredzēts izmantot dažu redzes fenomenu samazināšanā. ✨



KOSMISKIE stari darbībā

IEPRIEKŠĒJĀ RAKSTĀ “STARI, KAS NEMAZ NAV STARI” ŽURNĀLA “ZVAIGŽNOTĀ DEBESS” 2019. GADA PAVASARA NUMURĀ SKAIDROJĀM KOSMISKO STARU IZCELSMI, SASTĀVU UN IZPLATĪŠANOS KOSMISKOS ATTĀLUMOS. ŠAJĀ RAKSTĀ IZZINĀSIM DAŽĀDAS KOSMISKO STARU IZPAUSMES UN TO IETEKMI GAN TĀLU KOSMOSĀ, GAN TEPAT UZ ZEMES

ka, attālinoties no Zemes virsmas, radioaktivitāte strauji samazināsies, taču, par pārsteigumu, izrādījās tieši otrādi. Vairāki zinātnieki veica dabiskās radioaktivitātes mērījumus uz Zemes, bet radioaktivitātes pieaugšanu līdz ar augstumu 1911.–1913. gadā pierādīja Austrijas Rādija pētījumu institūta fiziķis Viktors Francs Hess (*Hess*), ar ūdeņraža balonu vairākas reizes paceļoties un izmērot radioaktivitāti līdz pat 5300 metru augstumam. Vēl vairāk – viņa lidojumi naktī un pat Saules aptumsuma laikā (it kā) pierādīja, ka Saule nav šā starojuma avots, tas nāk no tālāka kosmosa. Vienlaikus līdzīgus secinājumus izdarīja arī Itālijas Meteoroloģijas un ģeodinamikas aģentūras asistents

Domeniko Pačīni (*Pacini*), vadoties pēc radioaktivitātes mērījumiem virs ūdenstilpēm un zem ūdens virsmas.

KOSMISKIE STARI SAULES SISTĒMĀ

Kosmiskie stari nosaka Saules sistēmas izmērus jeb heliosfēru, to apgabalu kosmosā, kurā dominē no Saules nākošā enerģija un tās magnētiskais lauks. Šīs enerģijas nesējs ir Saules vējš, kuru Saule raida kosmosā pārsteidzošā tempā – pusotru miljonu tonnu sekundē ar ātrumu līdz 750 kilometriem sekundē. Saulei griežoties, tās magnētiskais lauks ir “izlocījies” kā balerīnas svārciņi. Uz heliosfēras robežas Saules vējš saduras ar kosmisko staru daļiņām, un tas zaudē savu

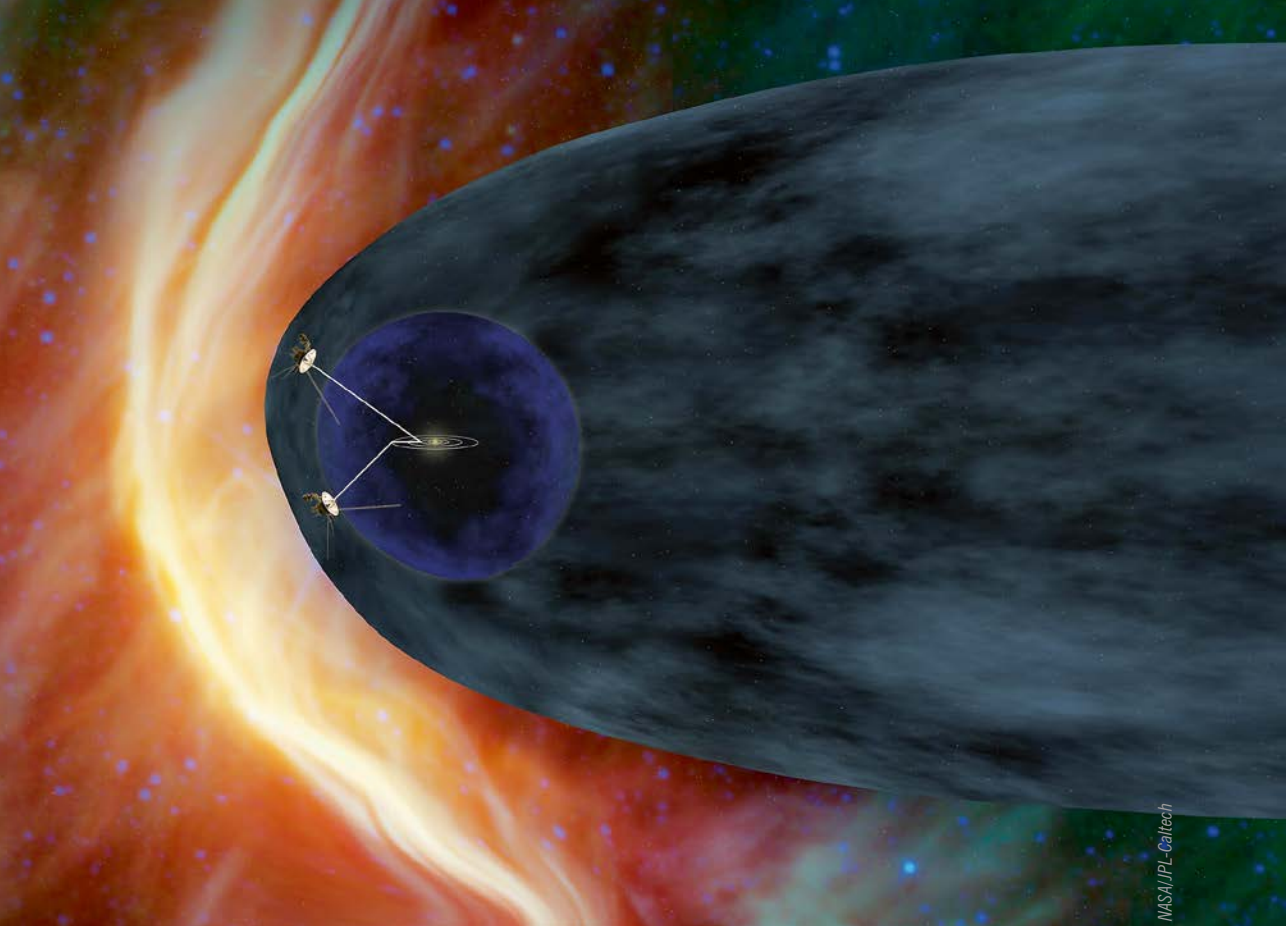
Kosmiskos starus uz Zemes virsmas iespējams detektēt pēc to radītā Čerenkova starojuma atmosfērā

Kosmisko staru atklāšana saistīta ar radioaktivitāti, pēc kuras atklāšanas 1896. gadā sāka veidot mērīšanas aparātus, kas arvien jutīgāk spēja izmērīt lādētu daļiņu plūsmu. Tā kā urāns un citi radioaktīvie elementi tika izrakti no zemes, nevis atrasti gaisā, zinātnieki sagaidīja,



Wikipedia

Viktors Francs Hess (otrais no kreisās) pirms viena no lidojumiem



NASA/JPL-Caltech

Tā varētu izskatīties heliosfēra. Saulei ceļojot cauri Galaktikai, priekšā izveidojas triecienvilnis (dzeltens), aiz tā nāk heliopavalks, kas ietver pašu heliosfēru un pagarinātu helioasti

virzienu, veidojot heliopavalku ar “juceklīgu” magnētisko lauku un haotiskā kustībā esošām daļiņām, kuras tomēr arvien vēl virzās prom no Saules. Ārpus apvalka atrodas heliopauze, kurā jau dominē no ārienes nākošie kosmiskie

stari un starpzvaigžņu magnētiskā lauka līnijas. Tikai neliela daļa, pašas lielākās enerģijas kosmisko staru daļiņas, spēj iespiesties Saules sistēmā dziļāk par heliopavalku, sasniedzot arī Zemi. Taču Saules sistēmā kosmisko staru kustība

jau notiek pēc Saules “uzstādītajiem” noteikumiem, pārvietojoties gar Saules vēja radītā magnētiskā lauka līnijām.

Šobrīd vistālāk no Zemes aizceļojušais kosmiskais aparāts *Voyager 1* heliopauzi sasniedza 2012. gadā. To šķērsojot, pieauga sadursmes ar enerģiskajām Galaktikas kosmisko staru daļiņām, vienlaikus samazinoties vājāko, Saules izcelsmes, daļiņu daudzumam.

Kosmiskie stari daļēji spēj izkljūt arī cauri Zemes atmosfērai un nedaudz ietekmē mūsu planētas klimatu. Jūras līmeņi tie sašķeļ atmosfēras

TIKAI PAŠAS LIELĀKĀS ENERĢIJAS
KOSMISKIE STARI SPĒJ IESPIESTIES DZIĻĀK
SAULES SISTĒMĀ, TAČU ŠEIT KOSMISKO
STARU KUSTĪBA NOTIEK PĒC SAULES
“UZSTĀDĪTAJIEM” NOTEIKUMIEM

molekulas ar tempu apmēram viena reakcija sekundē katrā kubikcentimetrā. Starp citu, ūdens pilieni mākoņos neveidojas tīrā gaisā, tam vajadzīga kāda sākotnēja "netirība", ap kuru aplipt ūdens molekulām, piemēram, puteklītis vai lādēta daļiņa – jons. Tieši jonus atmosfērā lielā daudzumā rada kosmiskie stari, jo no Saules nākošās jonizētās daļiņas parasti nav pietiekami enerģiskas, lai aizkļūtu līdz zemākajiem atmosfēras slāņiem.

Līdzīgi kā citur kosmosā, arī Zemes atmosfērā kosmiskie stari šķēļ atomu kodolus, radot citus atomus, tostarp radioaktīvus. Kad kosmiskais stars no slāpekļa, kas ir galvenā atmosfēras sastāvdaļa, atoma kodola izsīt pozitronu, rodas radioaktīvais ogleklis C-14. Atmosfērā tas uzvedas kā jebkurš oglekļa atoms, piemēram, izveido ogļskābās gāzes molekulu, kuru uzņem augi. No augiem barojas augēdāji dzīvnieki, no kuriem savukārt barojas plēsēji. Tādējādi visa dzīvā sastāvā ir pastāvīgs, nemainīgs C-14 daudzums.

Kad organisms nomirst, atjaunošanās vairs nenotiek, un radioaktīvais ogleklis lēnām sabrūk. Viena pussabrukšanas perioda jeb 5730 gadu laikā puse C-14 atomu kodolu izdala elektronu, pārveidojoties atpakaļ par slāpekli. Šāda prognozējama radioaktīvā oglekļa daudzuma samazināšanās ļauj noteikt objekta vecumu, lai gan C-14 veido tikai triljono daļu no visiem oglekļa atomiem. Šo pasākumu dēvē

UZ KOSMISKO STARU DARBĪBU BALSTĀS OGLEKĻA DATĒŠANA, KAS ĻAUJ NOTEIKT DZĪVĀS DABAS ATLIEKU VECUMU LĪDZ PAT 50 TŪKSTOŠIEM GADU TĀLĀ PAGĀTNĒ

par oglekļa datēšanu, tā ļauj noteikt dzīvās dabas atlieku vecumu līdz pat 50 tūkstošiem gadu tālā pagātnē. Fosilā kurināmā – naftas un akmeņogļu – dedzināšana izlaiž atmosfērā oglekli, kas pazemē nogulējis miljoniem gadu un vairs nesatur C-14. Tas apdraud metodes izmantošanu, jo "atšķaida" atmosfērā esošo radioaktīvā oglekļa daudzumu, kas šobrīd pieejams augiem.

Savā būtībā līdzīgi darbojas virsmas datēšana, metode, ar kuru var noteikt, cik ilgi kāda akmens vai kalna virsma ir bijusi atklāta, atradusies virspusē. Kosmiskie stari, šķēļot atomus atmosfērā, uz Zemes virsmas rada elementārdaļiņu plūsmu, kas Zemes minerālos parasti absorbējas

līdz viena metra dziļumam. Šī plūsma sašķēļ atomus akmens virsmā, piemēram, skābekli, silīciju, kalciju, radot citu elementu atomus, tostarp radioaktīvos izotopus beriliju-10, alumīniju-26 un hloru-36. Šo atomu pussabrukšanas periods ir simtiem tūkstošu gadu, un tie dod iespēju noteikt iežu vecumu līdz pat 30 miljoniem gadu. Tomēr datējot jāņem vērā parauga atrašanās vieta, no kuras atkarīgs, cik enerģisko daļiņu sasniedz paraugu. Pirmkārt, augstums virs jūras līmeņa nosaka gaisa slāņa biezumu, otrkārt, ģeogrāfiskais platums nosaka, kā daļiņu plūsmu ietekmē Zemes magnētiskais lauks, kas pats par sevi arī ir mainīgs.



Kosmiskie stari un atmosfēras parādības novecina akmens virsmu

KOSMISKO STARU DARBĪBA GALAKTIKĀ

Iepriekšējā rakstā runājām par to, kā kosmiskie starri aiznes starpzvaigžņu telpā dažādas izcelsmes triecienviļņu enerģiju un ka tie piedalās Galaktikas magnētisko lauku veidošanā. Šeit mūs visvairāk interesē staru iedarbība uz vielu starpzvaigžņu telpā. Liela daļa starpzvaigžņu vielas ir sakopojusies miglājos, kuri intensīvi absorbē kosmisko staru enerģiju. Kosmiskie starri savu enerģiju atdod atsevišķu daļiņu sadursmēs ar atomiem, molekulām un putekļiem.

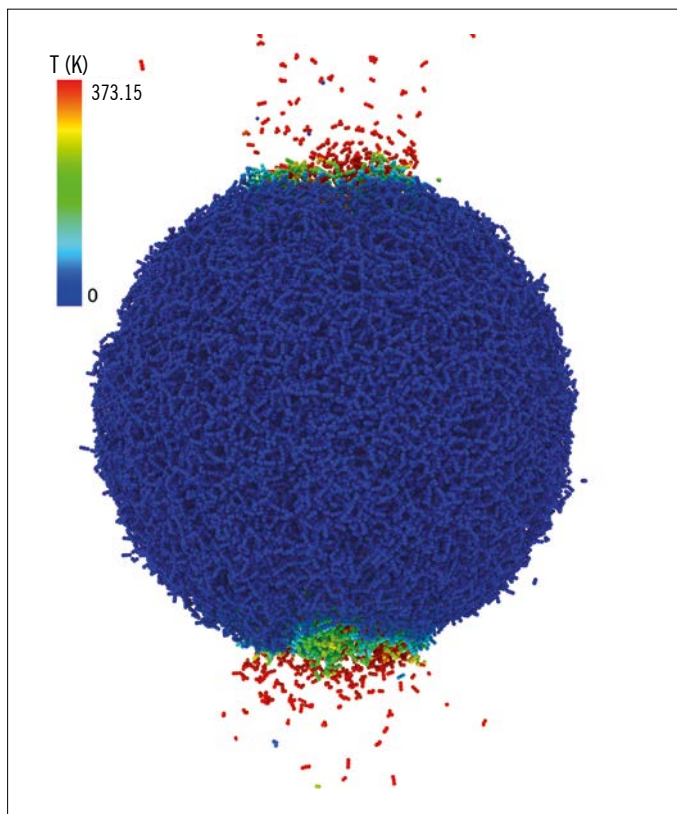
Līdzīgi kā Zemes atmosfērā, atomu jonizācija un atomu kodolu sašķelšanās miglājos izraisa dažādu veidu starojumu kaskādi. Šā iemesla dēļ aukstie, tumšie miglāji darbojas kā vāji rentgenstarojuma avoti, lai gan tajos it kā nenotiek lielas enerģijas procesi. Kosmiskie starri miglājā sadala atomus un molekulas, radot brīvus negatīvi lādētus elektronus un pozitīvus jonus. Dziļi miglājā, kur nepastāv citi jonizācijas avoti, šim apstāklim ir milzīga nozīme, jo tieši elektriski lādēto jonu un elektronu esamība gāzē ļauj tai “just” starpzvaigžņu magnētisko lauku, pakļauties tam vai vilkt to līdzī savos virpuļos. Turklāt joni ir ķīmiski ļoti reaģētspējīgi, tajos uzkrātā kosmisko staru enerģija iedzīvina veselu ķīmisku “ekosistēmu”, kurai pateicoties miglājos rodas sarežģīti ķīmiskie savienojumi. Kad no miglāja izveidojas zvaigzne, šos savienojumus var “mantot” ap zvaigzni radušās planētas, tādējādi

KOSMISKO STARU ENERĢIJA MIGLĀJOS RADA VESELU “EKOSISTĒMU”, KURĀ RODAS SAREŽĢĪTI ĶĪMISKIE SAVIENOJUMI

iegūstot pirmo organisko molekulu komplektu, no kurām galu galā var rasties dzīvība.

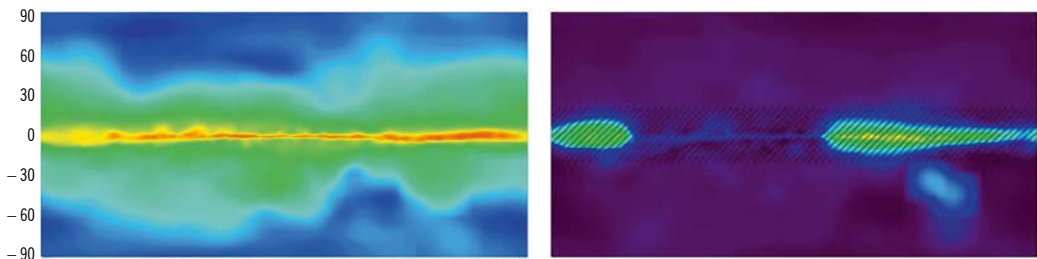
Kosmiskie starri miglājos spēj iespiesties daudz dziļāk nekā tuvu un tālu zvaigžņu izstarotie (galvenokārt ultravioletās) gaismas fotoni,

tālab tie nosaka tumšo miglāju centrālās daļas enerģijas “budžetu”. Citiem vārdiem sakot, tie silda miglājus, kas ir ļoti “naski” enerģijas izstarotāji, un neļauj tiem atdzist vairāk nekā dažus grādus virs absolūtās nulles.



Tā simulācijā izskatās neliels ledains starpzvaigžņu puteklis 1,6 pikosekundes pēc kosmiskā stara trieciena. No putekļa tiek izmesti joni, elektroni un pat veselas molekulas, bet iekšienē tas uzkarst gar enerģētiskās daļiņas trajektoriju. Aptuveni pēc 100 pikosekundēm siltums jau būs izplatījies pa visu putekli. Krāsas apzīmē molekulu temperatūru grādos virs absolūtās nulles

Mainitz et al. 2016, A&A, 592, A35



Debess karte – neitrālā ūdeņraža gāze mūsu Galaktikas diskā un abpus Galaktikas diska plaknei. Skaitļi nozīmē leņķisko attālumu no Galaktikas plaknes. Pa kreisi – visa Galaktikas gāze, pa labi – miglāji, kas pārvietojas ar ātrumu virs 100 kilometriem sekundē

Līdzīga iedarbība ir arī slavenajam kosmiskajam mikroviļņu fona starojumam, kurš visam kosmosam neļauj atdzist līdz temperatūrai, kas zemāka par trim grādiem virs absolūtās nulles.

Īpaša nozīme ir kosmisko staru iedarbībai (trīcieņiem) uz starpzvaigžņu putekļiem, kas atrodas miglājos. Šādu putekļu tipiskais rādiuss ir 0,1 mikrometrs (cilvēka mats ir 100–1000 reižu resnāks), un miglāju aukstajā centrālajā daļā uz putekļiem nosēžas un veidojas dažādas molekulas – ūdens, oglekļa oksīdi, amonjaks u. c. Tādējādi putekļi apaug ar ledus slāni. Pateicoties kosmisko staru spējai iespieties dziļi miglājā, tie sašķēļ pasaulējā slānī ietilpstošās dažādās molekulas, kuru fragmentu reakcijās ledū var rasties sarežģītas molekulas, pat aminoskābes, kas ir svarīgi “ķieģeļi” dzīvības uzbūvē.

Vēl vairāk – kosmiskie stari ne tikai pārveido starpzvaigžņu ledus kripatas, bet pat nosaka to sākotnējo sastāvu. To trīcieņi uzkaršē aukstos putekļus, netraucējot tādu

“ķepīgu” molekulu kā ūdens izsalšanu uz putekļu virsmas, bet kavējot gaistošu vielu, piemēram, oglekļa monoksīda CO sasalšanu. Šis efekts daļēji atdala ūdens ledu no CO ledu, kas ir svarīgi, jo tieši tīrs CO ledu ar nelieliem piemaisījumiem ir galvenais starpzvaigžņu organisko vielu izcelsmes avots. Aprakstītās parādības ir Ventspils Augstskolā autora īstenotā pēcdoktorantūras pētījuma “sāls”.

Kosmiskie stari ietekmē ne tikai puteklīšus un molekulas, bet pat veselu galaktiku evolūciju. Runa ir par galaktikās ienākošiem gāzes sakopojumiem – liela ātruma miglājiem, kuru ātrums pārsniedz 70 kilometrus sekundē. Ātrākie miglāji tuvojas mūsu Galaktikas diskam ar “galaktisku” ātrumu 450 kilometri sekundē. To izcelsme nav līdz galam skaidra, bet visticamāk, ka ir vairāki avoti – pavadoņgalaktikas, ieplūstoša starpgalaktiku gāze, kā arī izvirdumi no masīvu zvaigžņu kopu apgabaliem pašā Galaktikā. Šie apgabali rada “caurumu” Galaktikas diskā, pa kuru diska viela sakarsētā veidā kā

strūklaka izverds virs (vai zem – atkarībā, no kuras puses skatāmies) Galaktikas diska plaknes. Šādas strūklakas pārnēs starpzvaigžņu gāzi no Galaktikas centrālajiem rajoniem uz nomali ar tempu ap 0,5 Saules masas gadā.

Galaktikas kosmiskie stari traucē diskā iekrītošajai gāzei atdzist un izveidot mākoņus. Ieplūstošā matērija ir kritiski svarīgs zvaigžņu veidošanās nosacījums, un kosmisko staru klātbūtne aizkavē gāzes ieplūšanu par miljoniem līdz desmitiem miljonu gadu. Galaktisko strūklaku gadījumā kosmisko staru spiediens paātrina izplūstošo gāzi virzienā prom no Galaktikas un daļu gāzes var pat aizraidīt pavisam prom. Tādējādi kosmiskie stari regulē zvaigžņu veidošanās tempu ne tikai mūsu Galaktikā, bet arī citās. Šis ir tas gadījums, kad “mazs cīnītis gāž lielu vezumu”. 🌪

Raksts tapis ar ERAF pēcdoktorantūras granta Nr. 1.1.1.2/VIAA/1/16/194 Kosmisko staru izraisītas starpzvaigžņu putekļu sasilšanas ķīmiskās sekas atbalstu.

Neitronu zvaigznes un hiperkodoli

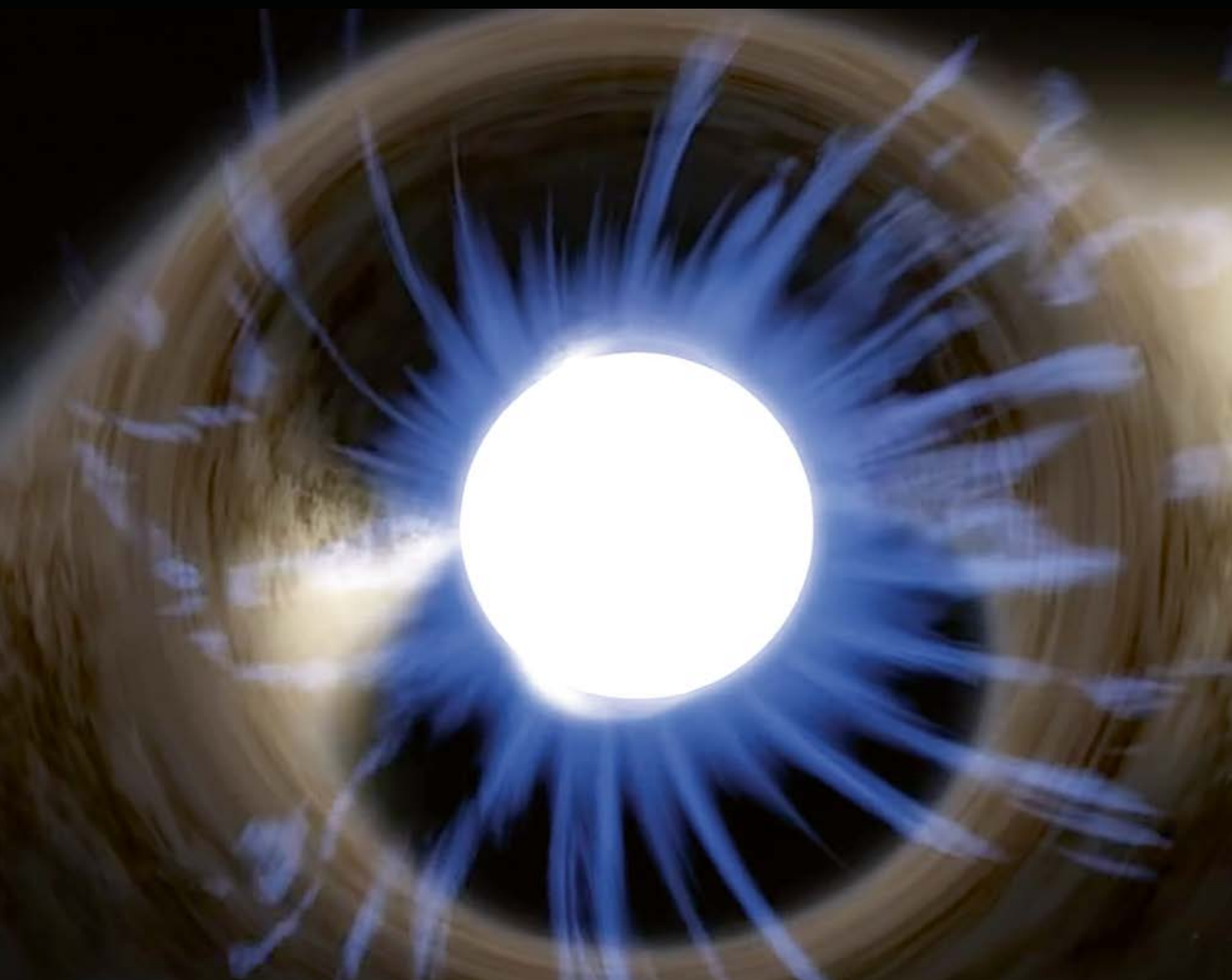
NEITRONU ZVAIGZNES IR TIK BLĪVAS,
KA TO VIELAI PIEMĪT LĪDZ GALAM
NEIZSKAIDROTAS ĪPAŠĪBAS. IZRĀDĀS,
KA DAĻA ATBILŽU JAU ATRASTAS TĒPAT
UZ ZEMES

Neitronu zvaigzne ir milzu zvaigznes evolūcijas galaprodukts. Zvaigznes sākotnējā masa ir bijusi 10–29 Saules masas, taču lielākā masas daļa ir nosviesta pārnovas sprādzienā, un zvaigznes kodols saspiešanas par superblīvu objektu, kura rādiuss (saskaņā ar jaunākajiem rezultātiem; skat. jaunumu sadaļu šajā žurnāla numurā) ir apmēram

11 kilometri un masa līdz apmēram 2 Saules masām. Neitronu zvaigznes ir vismazākās un visblīvākās zvaigznes. Gravitācija tās ir saspiepusi līdz tādām blīvumam, ka lielākā daļa zvaigznes faktiski pastāv kā viens atoma kodols, bet zvaigznes centrālajā daļā blīvums ir pat vairākas reizes lielāks nekā atomu kodolos. Nav izslēgts, ka tur sastopama pavisam eksotiska matērijas forma – kvarku-gluonu

plazma. Kad zvaigzne ir tik saspiesta un veido vienu atoma kodolu, atbilstoši Fermi principam – vienā kodolā divas daļiņas nevar būt vienādā stāvoklī, katrai daļiņai jābūt citā enerģijas līmenī – lielākajai daļai protonu jābūt tik augstā enerģijas līmenī, ka tiem ir izdevīgāk pārvērsties par neitroniem. Tāpēc neitronu zvaigzne sastāv galvenokārt no neitroniem.

Brīvpieejas attēls



Jau 1960. gadā tika izteikta hipotēze, ka tā paša iemesla dēļ daļai neitronu jāpārvēršas par hiperoniem. Te – atkāpe, lai iepazītos ar hiperoniem un to veidotajiem hiperkodoliem.

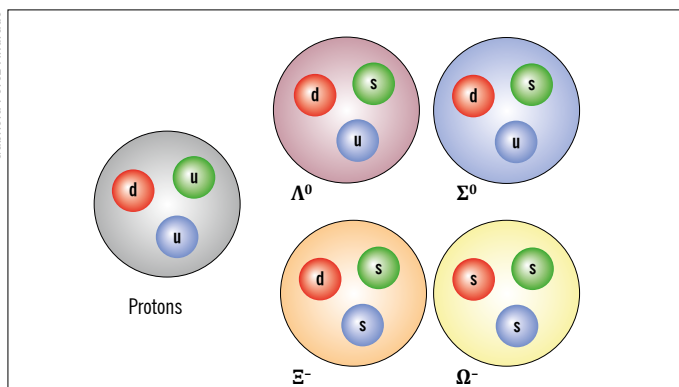
KAS IR HIPERONS?

Atomu kodoli sastāv no protoniem un neitroniem. Tos veido divu veidu – augšējie (*up*, *u*) un apakšējie (*down*, *d*) – kvarki. Protonā ir divi *u* kvarki un viens *d* kvarks,

neitronā ir viens *u* kvarks un divi *d* kvarki. Praktiski visa viela mums apkārt sastāv no šiem divu veidu kvarkiem, kā arī elektroniem. Taču ir vēl četri citi kvarki, viens no tiem ir dīvainais (*strange*, *s*) kvarks.

Hiperons arī sastāv no *u* un *d* kvarkiem, tāpat kā protoni un neitroni, vienīgi tajā ir viens vai vairāki *s* kvarki. Balstoties uz šo definīciju, var viegli izdomāt iespējamās kvarku kombinācijas

hiperonā: *uds*, *uus*, *dds*, *uss*, *dss*, *sss*. Dīvainajam kvarkam ir liela loma tā sauktajā vājjajā mijiedarbībā, kas saistīta ar hiperonu sabrukšanu. Vislabāk izpētīts ir elektriski neitrālais *lambda* hiperons Λ^0 , kas sastāv no *uds* kvarkiem. Λ^0 hiperona dzīves ilgums ir $2,6 \times 10^{-10}$ sekundes. Tas ir visvieglākais hiperons, kura masa ir $1,989 \times 10^{-24}$ grami, un viens no visilgāk dzīvojošajiem hiperoniem.



Protons (pa kreisi) un četri dažādi hiperoni

Pašlaik ir zināmi 12 hiperoni. Vissmagākais ir negatīvais omega hiperons Ω^- , kura masa ir $2,982 \times 10^{-24}$ grami un dzīves ilgums $8,21 \times 10^{-11}$ sekundes. Tas sastāv no trim dīvainajiem kvarkiem.

Kā viegli saprotams, hiperoni mūsu apkārtnē nav sastopami, jo to dzīves ilgums ir ļoti īss, tie jārada daļiņu paātrinātājos vai jāatrod kosmiskajos staros, par kuriem rakstīts šajā žurnāla numurā. Hiperonu pētniecība sākās pagājušā gadsimta piecdesmitajos gados. Mūsdienās hiperonus pēta daudzās pasaules laboratorijās, piemēram, Rietumeiropas lielākajā kodolpētniecības institūtā CERN Šveicē un Apvienotajā kodolpētniecības institūtā JINR Krievijā.

NĀKAMAIS SOLIS – HIPERKODOLS

Hiperkodols ir atoma kodols, kurā, neskaitot protonus un neitronus, ir vismaz viens hiperons. Hiperkodolus var radīt dažādos veidos, piemēram, raidot noteiktu lielas enerģijas daļiņu (K^- mezonu) uz atoma kodolu, kas vienu no kodola neitroniem pārvērš Λ^0 hiperonā un vēl citā daļiņā (π^- mezonā). Vislabāk izpētītie ir lambda hiperkodoli, kuru zināmais skaits dažādu ķīmisko elementu atomos šobrīd pārsniedz četrdesmit. Eksistē arī hiperkodoli, kuros ir divi Λ -hiperoni. Nesen beidzot izdevās reģistrēt kodolus, kuros ir Ξ -hiperons. Pagaidām šķiet, ka hiperkodoli, kas satur Σ hiperonu, neeksistē. Hiperkodolu fiziku

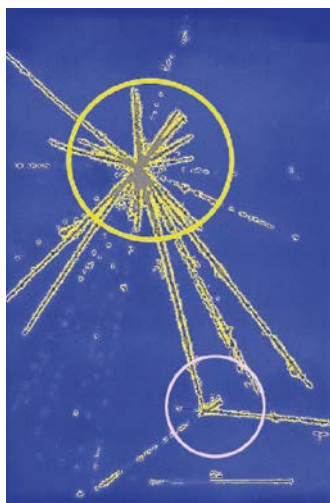
pēta daudzās laboratorijās visā pasaulē, un šie pētījumi dod nozīmīgu ieguldījumu kodolfizikas un elementārdaļiņu fizikas dziļākā izpratnē.

Hiperkodolu iegūšanas apraksts šķiet vienkāršs, taču eksperimenti bija un ir sarežģīti. Piecdesmito gadu sākumā lietoja biezas fotoemulsiju paketes, kuras ilgāku laiku eksponēja kosmiskajos staros, jo kosmisko staru enerģija ir daudz lielāka par to, ko varēja iegūt protonu paātrinātājos. Veicot eksperimentus, poļu zinātnieki Ježijs Pņevskis un Marians Danišs ieraudzīja neparastu reakciju. Kosmiskā daļiņa sašķēl fotoemulsijas atoma kodolu, no kura izlido daudz dažādu fragmentu, bet viens no tiem pēc brīža sadalās vēlreiz. Normālā kodolreakcijā visam vajadzēja notikt uzreiz, reakcijas punktā. Vajadzēja labu intuīciju un drosmi, lai uzminētu, ka ir radies kodola fragments,



Hiperkodolus 1952. gadā atklāja poļu fiziķi Ježijs Pņevskis (Pniewski, pa kreisi) un Marians Danišs (Danysz, pa labi)

HIPERONI MUMS APKĀRT NAV SASTOPAMI, JO TO DZĪVES ILGUMS IR ĻOTI ĪSS. TIE JĀRADA DAĻIŅU PAĀTRINĀTĀJOS VAI JĀATROD KOSMISKAJOS STAROS



Pirmā hiperkodola fotogrāfija. Kosmiskā daļiņa sašķel fotoemulsijas atoma kodolu, rodas reakcijas fragmenti (taisnie treki). Viens no tiem nolido 200 mikronus un tikai tad sabrūk (apvilīts lejā pa labi). Ar šo attēlu sākās hiperkodolu fizika

kas satur daļiņu ar relatīvi lielu dzīves ilgumu. Viņu hipotēze, ka fragments satur lambda hiperonu, kas vēlāk sabrūk, izrādījās pareiza.

1956. gadā Dubnā pie Volgas organizēja starptautisku (toreiz sociālistisko, atšķirībā no CERN Ženēvā) starpvalstu kodolpētniecības institūtu (*Joint Institute for Nuclear Research, JINR*). Marians Danišs bija pirmais institūta vicedirektors, bet Dubnā tad hiperkodolus vēl nemeklēja un nepētīja. Viens no raksta autoriem, Juris Lukstiņš, kopš 1962. gada strādā Dubnā, viņa darbības pamatvirziens ir dīvaino daļiņu eksperimentālā fizika. Otrs autors Oļģerts Dumbrājs ir fiziķis teorētiķis, viņš strādāja Dubnā no 1968. līdz 1976. gadam kopā ar krievu

VAJADZĒJA LABU INTUĪCIJU UN DROSMI, LAI UZMINĒTU, KA IR RADIES NEPARASTS ATOMU PĀRVEIDES PRODUKTS – HIPERKODOLS

fiziķi M. Podgorecki, kurš bija viņa disertācijas vadītājs.

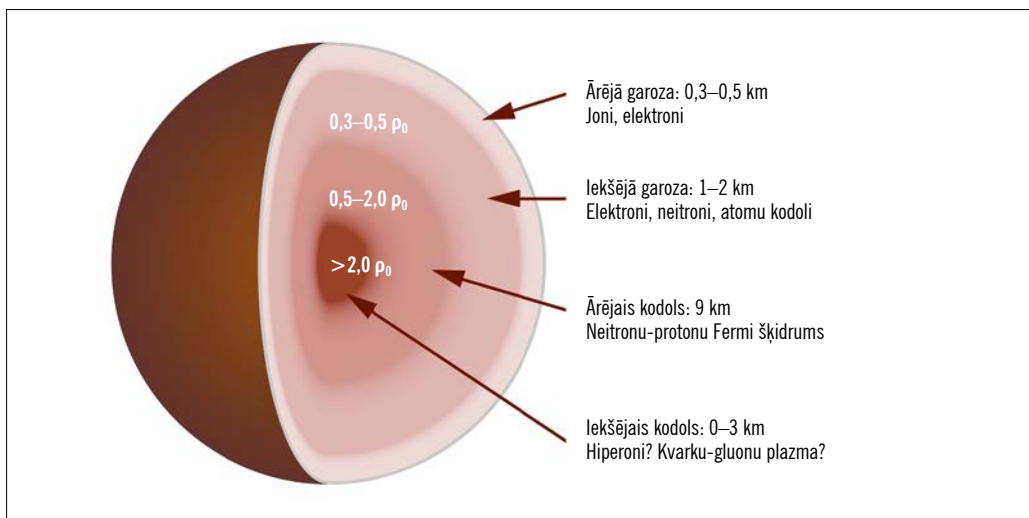
Ļoti būtiski, ka 1963. gadā Podgoreckis parādīja, kā var radīt hiperkodolus, izmantojot K^- mezonu kūli. Podgoreckis ieteica izvēlēties tādu K^- mezona impulsu, lai lambda hiperons ar pietiekami lielu varbūtību saglabātu miera stāvokli un paliktu atoma kodolā, kurā tas radies. Tā varēja radīt izvēlēta tipa hiperkodolus. Ja nedaudz palielina K^- mezona enerģiju, rodas hiperkodoli dažādos enerģijas stāvokļos. Tāds bija galvenais eksperimentu mērķis – pētīt dažādu atomu kodolu iespējamās stāvokļus, pārbaudot teorijas prognozes. Pietiekami intensīvi K^- mezonu kūļi bija pieejami diemžēl tikai 15 gadus vēlāk. Lielākā daļa eksperimentu tika veikti pēc Podgorecka metodes, K^- mezonu kūlī vai vēlāk, apgriežot reakciju, π^- mezonu kūlī. Fiziķi mērīja K^- mezona un izlidojušā π^- mezona impulsus un no mērījumiem sprieda par hiperkodola un tā rašanās procesa īpašībām. Ja iespējams, reģistrēja arī hiperkodola sabrukšanas radītās daļiņas.

20. gadsimta 70. gadu beigās fiziķi iemācījās lielajos daļiņu paātrinātajos paātrināt ne tikai protonus, bet arī citu

atomu kodolus. Hiperkodolu fiziķi to uztvēra ar entuziasmu, jo sprieda, ka, tādiem kodoliem saduroties ar mērķi, var rasties daudz hiperkodolu. Optimistu vidū bija arī M. Podgoreckis. Ja par hiperkodolu kļūs paātrinātais kodols, tad ir liela varbūtība, ka tas izlidos ārpus mērķa pirms sabrukšanas, paverot jaunas iespējas sabrukšanas procesa analīzei. Pirmie tādu eksperimentu veica amerikāņu fiziķi 1976. gadā, taču viņu rezultātos bija ļoti lieli “fona piejaukumi”. Dubnas fiziķi izgudroja elegantu iekārtu, kas deva iespēju strādāt praktiski bez fona, jo atlasīja hiperkodolu rašanos ar sekojošu sabrukšanu ārpus mērķa. Šie eksperimenti bija ļoti veiksmīgi un precīzi, bet arī tiem bija savi ierobežojumi. Laika gaitā eksperimenti un teorētiskie pētījumi ievērojami uzlaboja izpratni par eksotiskām subatomu daļiņām, kurās ietilpst dīvainie kvarki.

KĀ TAS SAISTĪTS AR NEITRONU ZVAIGZNĒM?

Noslēgumā atkal atgriezīsimies pie neitronu zvaigznēm, kuru iekšienē, atgādīnāsim, var būt arī hiperoni. Hiperonu klātbūtnes dēļ vairums mūsdienu teoriju



Robert Schulze, CC BY-SA 3.0

Neitronu zvaigznes iespējamā uzbūve. ρ_0 ir atomu kodolu blīvums

ierobežo neitronu zvaigznes maksimālo masu ar 1,4–1,6 Saules masām, jo saskaņā ar teoriju hiperoni samazina attālumu starp zvaigznes daļiņām. Ja neitronu zvaigznes masa pārsniegtu šo robežu, gravitācija saspiestu neitronu zvaigzni līdz izmēriem, kas tā kļūtu par melno caurumu. Ilgu laiku viss bija labi, novērotās neitronu zvaigznes nepārsniedza 1,5 Saules masas, bet nesen tika atrastas neitronu zvaigznes ar masu 1,93 un 2,01 Saules masa. Tātad, pēc fizikas likumiem, zvaigznē jābūt hiperoniem, bet, pēc fizikas likumiem, hiperonu tur nevar būt! Tomēr fizikas

likumiem nav nekādas vienas. Ir jārevidē modeļi un teorijas, kas apraksta matērijas stāvokli ļoti liela spiediena un blīvuma gadījumā, vajadzīgi dati par hiperonu un neitronu sadarbību, par trīs daļiņu sadarbību. Pagaidām modeļos trīs daļiņu sadarbību ievēro visai aptuveni, jo normālos atomu kodolos, kurus pēta uz Zemes, pietiek ar divu daļiņu sadarbību. Vēl sliktāk – ļoti maz ir zināms par divu hiperonu sadarbību, jo hiperkodoli ar diviem hiperoniem joprojām ir *terra incognita*. Dažas teorijas, kuras akcentē trīs “trīskvarku” daļiņu sadarbību un (vai) prognozē, ka

zvaigznes centrālajā daļā ir nevis no trim kvarkiem sastāvotās daļiņas, bet gan kvarku-gluonu plazma, pieļauj, ka neitronu zvaigznes masa var pārsniegt 2 Saules masas.

Tālās un grūti saskatāmās neitronu zvaigznes ir interesants un no dažādu pētnieku viedokļa atšķirīgs objekts. Astronomiem tas ir mazs objekts, ko vislabāk var novērot kā pulsāru; daļiņu fiziķiem – neitrīno avots un, iespējams, vienīgā vieta, kur Visumā varētu būt kvarku-gluonu plazma; kosmologiem – gandrīz melnais caurums; kodolfiziķiem – milzīgs atoma hiperkodols. Ko iespējams darīt uz Zemes, lai pētītu neitronu zvaigžņu fiziku? Tik lielu blīvumu kā neitronu zvaigznē mums radīt neizdosies. Bet iespējams iegūt precīzākus datus par neitronu un hiperonu mijiedarbību, par divu hiperonu mijiedarbību, par trīs “trīskvarku” daļiņu fiziku. 🦋

PĒC FIZIKAS LIKUMIEM, NEITRONU ZVAIGZNĒ JĀBŪT HIPERONIEM, BET, PĒC FIZIKAS LIKUMIEM, HIPERONU TUR NEVAR BŪT! KO IESĀKT?

SAULES VĒJA

izcelsmes noslēpumi

KOSMISKO LAIKAPSTĀKĻU PROGNOZĒŠANA ZINĀTNIEKIEM JOPROJĀM IR IZAICINĀJUMS. STARP NOZĪMĪGIEM NEATBILDĒTIEM JAUTĀJUMIEM IR ARĪ SAULES VĒJA PRECĪZA IZCELSME

Saules atmosfēras augšējie slāņi ir tik ļoti sakarsēti, ka Saules vielas daļiņas, kas lielākoties ir jonizētas un līdz ar to plazmas stāvoklī, pārvar Saules pievilkšanas spēku un aizplūst no Saules visos virzienos, veidojot tā saukto Saules vēju, kas ar mainīgu ātrumu, bet nepārtraukti plūst arī Zemes virzienā. Palaikam un lielā mērā neprognozējami uz Saules notiek izvirdumi, kad

starpplanētu telpā tiek izšautas papildu daļiņas, ieskaitot daļiņas ar lielu enerģiju, kas, nonākot Zemes apkārtnē, var izraisīt ģeomagnētiskās vētras ar ietekmi uz cilvēci, piemēram, izraisot traucējumus elektrības padavē un satelītu darbībā. Viens no Saules pētījumu mērķiem ir spēt labāk paredzēt šos tā sauktos kosmiskos laikapstākļus, kas prasa arī izpratni par Saules vēju.

Tā kā Saules vējš sastāv no plazmas, tad tā izplatšanās

ir cieši saistīta ar Saules un starpplanētu magnētisko lauku – plazmas lādētās daļiņas brīvi plūst magnētiskā lauka virzienā jeb gar lauka līnijām, bet daudz mazākā mērā spēj ceļot perpendikulāri laukam, šķērsojot lauka līnijas, t. i., plazma ir “piesaistīta” pie magnētiskā lauka.

Saules aktivitātes cikla minimuma fāzē Saules magnētiskais lauks tuvināti līdzinās dipola magnētiskajam laukam. Zemākos Saules platumā

grādos tuvāk ekvatoram magnētiskā lauka līnijas ir “noslēgtas” – tās sākas un beidzas uz Saules virsmas (1. attēls, A) – un plazma ir piesaistīta Saulei. Tuvāk poliem apgabalos, ko sauc par “koronālajiem caurumiem”, līnijas aizsniedzas starplanētu telpā – ir “nenošlēgtas” – un plazma var aizplūst, veidojot Saules vēju. Kosmiskais aparāts *Ulysses* 1994./1995. gadā veica Saules polāro apgabalu pārlidojumu un Saules vēja mērījumus (2. attēls, pa kreisi), konstatējot “ātro” Saules vēju ar vidējo ātrumu apmēram 750 kilometri sekundē. Tuvāk

ekvatoram tika novērots “lēnais” Saules vējš ar ātrumu vidēji apmēram 350 kilometri sekundē. Aktivitātes cikla maksimuma fāzē magnētiskais lauks (1. attēls, B) un arī Saules vējš (2. attēls, pa labi) ir daudz nesakārtotāks, un mērījumos šajā fāzē lēnais Saules vējš ir izteiktāks.

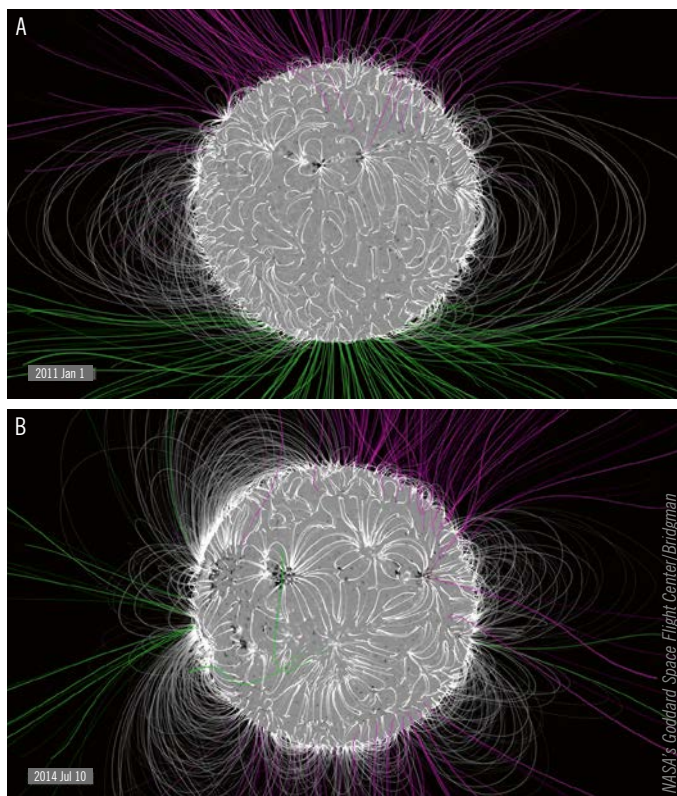
LĒNĀ SAULES VĒJA AVOTI

Attiecībā uz 2. attēlu jāpatur prātā, ka Saules vēja ātruma vektori ir ilustratīvi attēloti pareizajos platumgrādos, kuros tika veikti mērījumi, kamēr reālais attālums, kurā tobrīd atradās

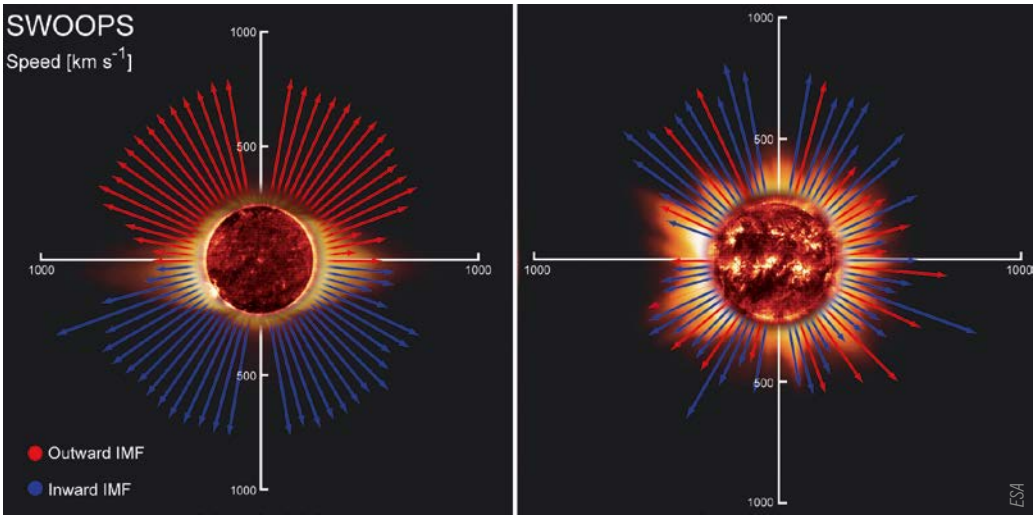
kosmiskais aparāts, ir daudz lielāks nekā attēlā redzamais, līdz ar to Saules vējš netika mērīts netālu no Saules virsmas, bet gan daudz tālāk – tuvākais punkts bija 1.35 au! 1. attēla magnētiskie lauki ir modelēti, balstoties uz lauka mērījumiem uz Saules virsmas un pieņēmumiem par magnētisko lauku Saules atmosfērā, kas pilnīgi noteikti ne vienmēr ir spēkā. Tāpēc aktuāls un līdz galam neatbildēts ir jautājums, kā saistīt kosmiskā aparāta Saules vēja mērījumus lielākā attālumā no Saules ar šā vēja iespējamo izcelsmi uz Saules virsmas. Līdzīgi citkārt nozīmīgi būtu zināt, vai Zeme savā kustībā ap Sauli konkrētajā brīdī ir šādi magnētiski saistīta ar kādu potenciālo Saules izvirduma vietu uz Saules virsmas.

Šo neskaidrību dēļ joprojām ir neatbildēts jautājums par lēnā Saules vēja izcelsmi – ja ātrais Saules vējš veidojas polu koronālajos caurumos, tad kur veidojas lēnais Saules vējš? Un kāpēc tas ir lēnāks, kāpēc tam ir atšķirīgas fizikālās īpašības?

Starp vadošajām hipotēzēm var pieminēt divas. Vieni uzskata, ka Saules vēja īpašības lielā mērā nosaka tas, cik ļoti līdz ar augstumu izplešas magnētiskā lauka līnijas. Tā kā plazma ir piesaistīta pie magnētiskā lauka, tad līdz ar lauku izplešanos un palēninātos arī plazmas plūsma. Tad ātrais vējš nāktu no koronālo caurumu centrālās daļas, kur lauks ir tuvs radiālam, kamēr lēnais vējš rastos



1. attēls. Modelēts Saules magnētiskais lauks aktivitātes cikla minimuma (A) un maksimuma (B) fāzē. Noslēgtās lauka līnijas ir baltas, nenoslēgtās – iekrāsotas



2. attēls. Kosmiskā aparāta *Ulysses* mērinstrumenta SWOOPS Saules vēja ātruma mērījumi aktivitātes cikla minimuma (pa kreisi) un maksimuma (pa labi) fāzē. Vektoru modulis atbilst ātrumam, krāsa – starpplanētu magnētiskā lauka (*interplanetary magnetic field* – IMF) virzienam (sarkans – prom no Saules, zils – Saules virzienā)

tuvu koronālo caurumu malām, kur ir izteikta lauka līniju noliekšanās un izplešanās.

Otras hipotēzes pamatā ir novērojumi, ka lēnajam Saules vējam raksturīgs ne tikai salīdzinoši zemais ātrums, bet arī izteikta fizikālo īpašību nepastāvība. Ir arī bijuši unikāli gadījumi, kad enerģētiskās daļiņas no viena un tā paša uzliesmojuma reģistrēja kosmiskie aparāti, kas starpplanētu telpā atradās izteikti atšķirīgos virzienos no Saules un magnētiski šķietami nebija saistīti. Šī hipotēze nosaka, ka lēnā vēja izcelsmē liela nozīme ir “separatrix tīklam” (*separatrix web* jeb *S-web*), kur separatrix ir robežas starp noslēgtiem un nenoslēgtiem apgabaliem. Atbilstoši šai teorijai atsevišķi nenoslēgto lauka līniju apgabali uz Saules virsmas patiesībā ir saistīti ar nenoslēgtu

lauka līniju šauriem koridoriem. Separatrix ir potenciālas vietas magnētiskās pārsaistes procesam, kas “sajauktu” plazmu no noslēgto un nenoslēgto līniju apgabaliem un izskaidrotu novēroto vēja nepastāvību. Savukārt šķietami nošķirtie kosmiskie aparāti starpplanētu telpā patiesībā būtu magnētiski saistīti šā tīkla ietvaros.

To, vai kāda no šīm hipotēzēm atbilst realitātei, noteiks novērojumi.

NOVĒROJUMU IESPĒJAS

Viena no pamata metodēm Saules izpētē ir spektrogrāfija. Dažādu ķīmisko elementu spektrālo līniju novērojumi var sniegt informāciju par plazmas blīvumu, temperatūru un plūsmas ātrumu Saules atmosfērā. No Saules vēja izcelsmes pētījumu viedokļa īpaši noderīgi ir plūsmas

ātruma mērījumi, jo tie potenciāli ļauj identificēt plazmas aizplūdi, kas veido Saules vēja pamatu. Līdzīgi saistoši ir novērojumi pazemināta blīvuma apgabalos, līdzīgi kā koronālajos caurumos. Tomēr šai metodei ir arī būtiski mīnusi. Konkrētu augšupvērstu plūsmu ne vienmēr var viennozīmīgi saistīt ar plazmas aizplūdi, jo arī uz Saules bieži redzamajos noslēgtajos plazmas lokos tiek novērota augšupvērstā plūsma. Ar spektrogrāfiem iegūto attēlu kvantitatīvu interpretāciju apgrūtinā tas, ka novērotās spektrālās līnijas signāls apkopo informāciju par plašu atmosfēras apgabalu, kuru tas šķērso, nevis par vienu konkrētu augstumu vai atmosfēras struktūru.

Papildinošus novērojumus spēj sniegt kosmiskie aparāti, piemēram, jau

Parker Solar Probe

Organizācija: NASA

Starts: 12.08.2018.

Tuvākā pietuvošanās Saulei:

8,9 Saules rādiusi jeb 0,04 au.

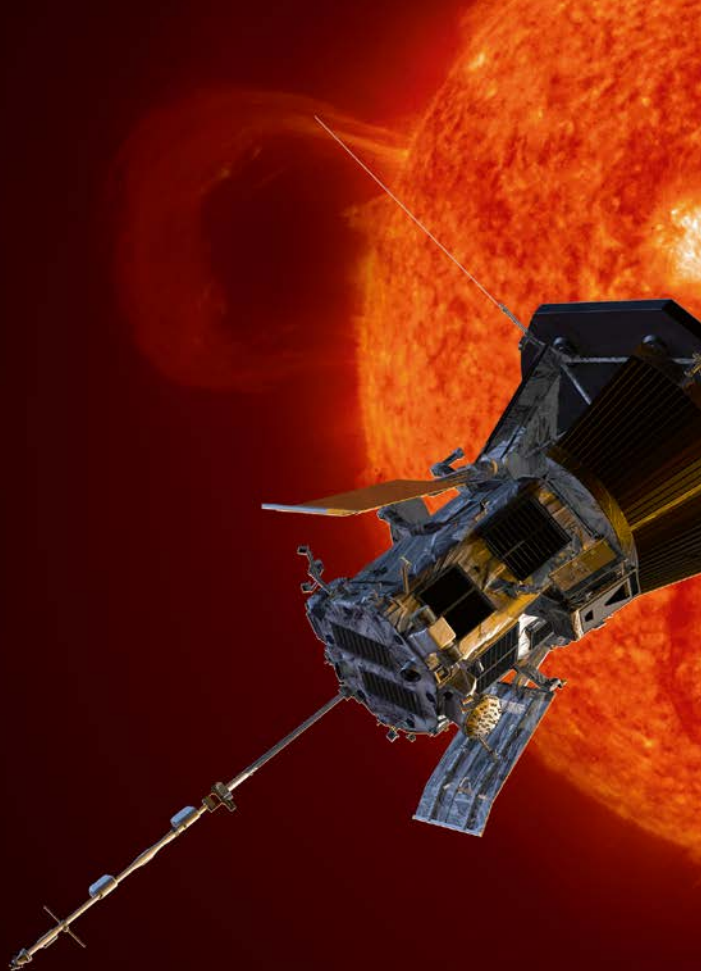
Misijas ilgums: 7 gadi jeb

24 apriņķojumi.

Zinātniskie uzdevumi: izsekot enerģijas plūsmai Saules vainagā, izprast temperatūras kāpuma cēloņus un izpētīt, kas paātrina Saules vēju.

Mērinstrumenti:

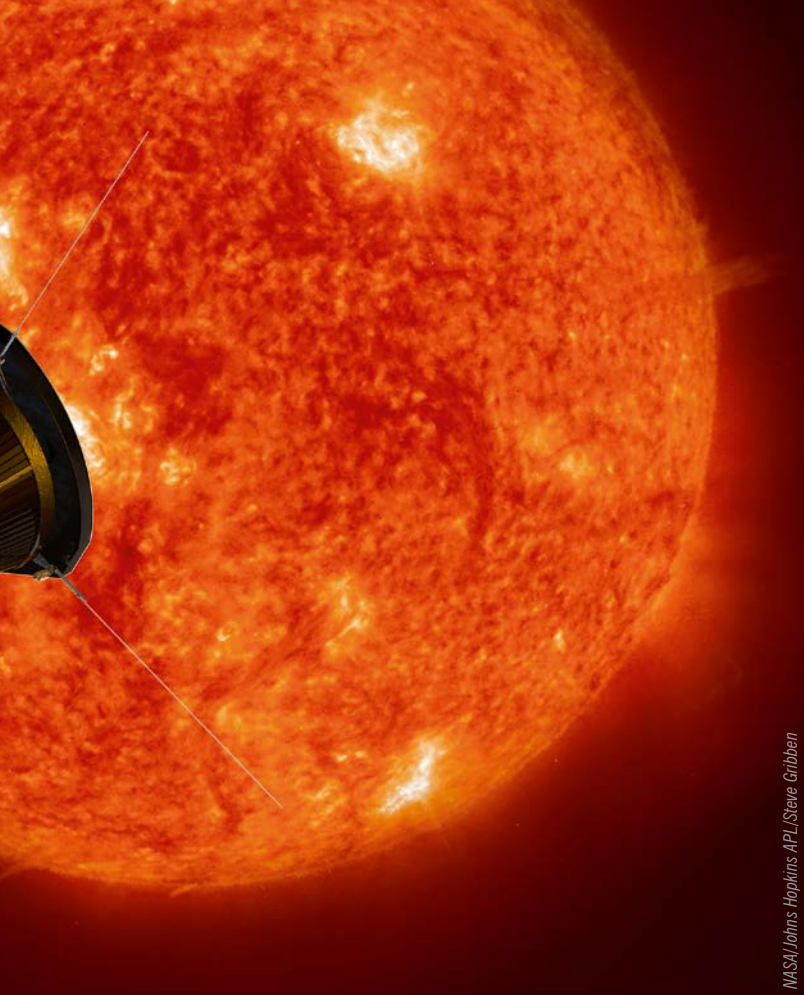
- lokālie mērījumi: FIELDS elektromagnētisko lauku, ISOIS enerģētisko daļiņu un SWEAP pārējo Saules vēja daļiņu mērījumiem;
- attālināti mērījumi: WISPR teleskopī vainaga un Saules vēja struktūru redzamās gaismas attēlu iegūšanai.



minētais *Ulysses*. To mērāpārāti var veikt tiešus un lokālus Saules vēja mērījumus, nosakot magnētisko lauku, plazmas blīvumu un temperatūru, reģistrējot enerģētiskās daļiņas. Neiztikt arī bez sarežģījumiem. Lai veiktu konkrētu Saules vēja struktūru, piemēram, izvirdumu vai triecienviļņu mērījumus, ir jācer, ka aparāts atradīsies īstajā vietā un laikā un izdarīs atbilstošos mērījumus. Lai noteiktu šo parādību avotus uz Saules, jārisina problēma ar magnētiskās sasaistes noteikšanu starp kosmisko aparātu un Saules virsmu.

Lai pētītu notikumus uz Saules virsmas, tostarp uzliesmojumus, ar kosmisko aparātu mērot uzliesmojuma radīto Saules vēja struktūru, papildus ir jāņem vērā, ka Saules vēja turbulence, tam izplatoties, palielina mērījumu interpretācijas kļūdu. Jo tālāk no Saules atrodas kosmiskais aparāts, jo lielāka kļūda. Šajā ziņā Saules pētījumos tuvojas zelta laiki, jo pavisam nesen ir palaisti divi kosmiskie aparāti – *Parker Solar Probe* NASA pārraudzībā un *Solar Orbiter* EKA pārraudzībā. Tie veiks vēl nebijušus mērījumus.

Parker Solar Probe jau tagad ir Saulei jebkad vistuvāk pielidojušais kosmiskais aparāts, kas spēs veikt Saules vēja mērījumus tuvu tā avotiem. Kā mīnuss jāmin tas, ka uz borta ir tikai viens mērinstruments attālinātiem mērījumiem – *WISPR* teleskopī Saules vēja struktūru attēlu iegūšanai redzamajā gaismā, kas gan uz pašu Sauli pavērsts netiks. Šajā ziņā pārāks ir *Solar Orbiter*, kam ir mērinstrumenti gan attālinātiem, gan lokāliem mērījumiem. Līdz ar to būs iespējams vienlaikus novērot konkrētas parādības uz



NASA/Johns Hopkins APL/Steve Gribben

Saules un potenciāli reģistrēt to radīto Saules vēju. *Solar Orbiter* gan nepietuvosies Saulei tik tuvu kā *PSP* – 0,04 au vietā tikai 0,28 au. No zinātnisko rezultātu viedokļa nozīmīgi, ka *Solar Orbiter* pamazām palielinās orbītas

slīpumu attiecībā pret ekliptikas plakni, kas ļaus novērot līdz šim maz pētītos Saules polāros apgabalus.

Papildu iespējas sniedz Saules radioviļņu starojuma novērojumi. Ja novēro mierīgo Sauli, nevis uzliesmojumus,

tad nozīmīgi ir divi procesi – bremsēšanas starojums (vāciski *Bremsstrahlung*) un žirorezonanses starojums. Bremsēšanas starojums rodas, kad kustībā esošu elektronu pievelk plazmā esošs jons un elektrona trajektorija tiek noliekta, kas nozīmē, ka kustība ir paātrināta un līdz ar to tiek izstarots elektromagnētiskais starojums. Starojuma intensitāti nosaka plazmas temperatūra un blīvums. Žirorezonanses starojuma pamatā ir lādētu daļiņu kustība magnētiskajā laukā. Lorenca spēka iedarbībā elektroni plazmas magnētiskajā laukā pārvietojas pa spirālēm. Frekvenci, ar kādu daļiņa riņķo pa spirāli, sauc par žirofrekvenci, un to nosaka daļiņas lādiņš, masa un magnētiskais lauks. Līdzīgi kā bremsēšanas starojuma gadījumā, arī šeit trajektorijas noliekšānās nozīmē paātrinājumu un līdz ar to arī elektromagnētiskā starojuma izstarošanu.

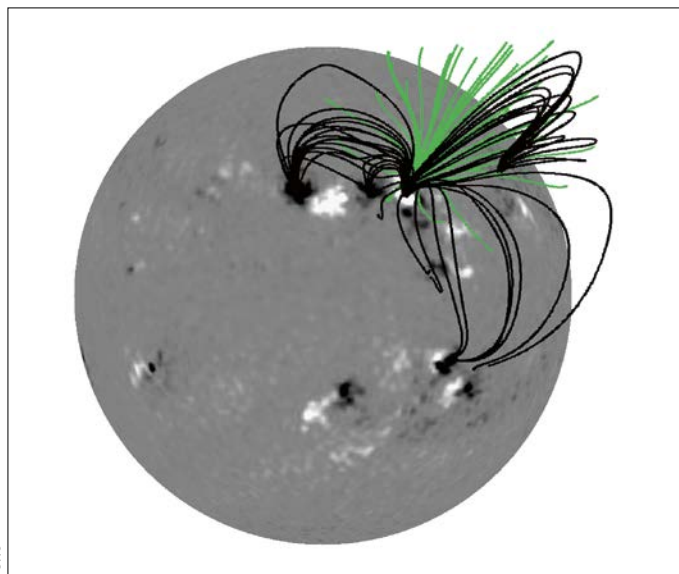
Šoreiz gan nozīme ir ne tikai plazmas temperatūrai un blīvumam, bet arī magnētiskā lauka stiprumam un leņķim starp magnētisko lauku un virzienu, kurā starojums tiek uztverts. No Saules izpētes viedokļa nozīmīgi ir tas, ka starojums ir būtisks tikai tajās vietās, kur magnētiskais lauks pēc lieluma ir tuvs konkrētām vērtībām – atbilst plazmas elektronu žirofrekvencei vai tās zemākajām harmonikām – reizinājumam ar veseliem skaitļiem 2, 3, 4. Tas nozīmē, ka žirorezonanses starojuma



SAULES PĒTĪJUMOS TUVOJAS ZELTA LAIKI, JO PAVISAM NESEN IR PALAISTI DIVI KOSMISKIE APARĀTI – “PARKER SOLAR PROBE” UN “SOLAR ORBITER”. TIE VEIKS VĒL NEBIJUŠUS MĒRĪJUMUS



ESA



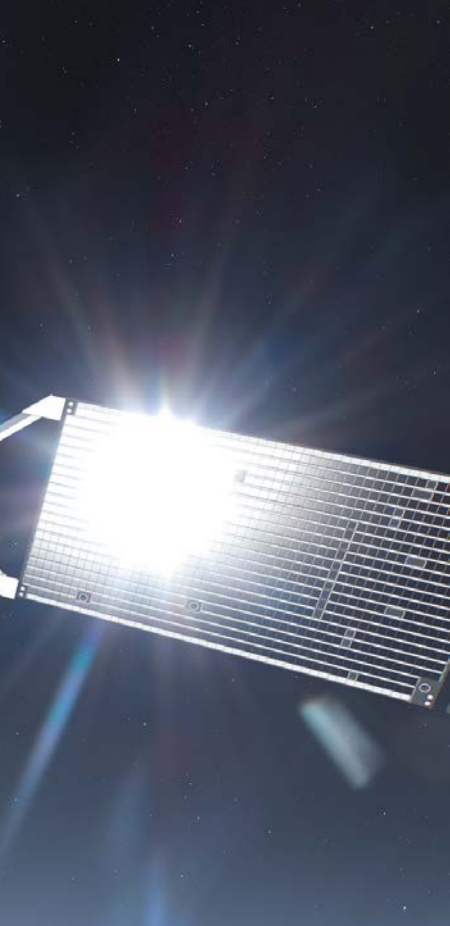
VSRC

3. attēls. Nenoslēgtas magnētiskā lauka līnijas (zaļš) VSRC zinātnieku pētītā Saules aktīvā apgabala AR 8535 apkaimē. Lauks modelēts, izmantojot SolarSoft PFSS programmatūru

novērojumi ļauj noteikt plazmas temperatūru un blīvumu šajās konkrētajās Saules atmosfēras vietās. Gan bremzēšanas, gan žirorezonanses starojuma procesos saikne starp novēroto intensitāti un plazmas temperatūru ir daudz tiešāka nekā spektrālo līniju novērojumos. Tieši radioviļņu novērojumi veido Saules pētījumu pamatu Ventspils Starptautiskajā radioastronomijas centrā (VSRC).

PĒTĪJUMI VENTSPILS STARPTAUTISKĀJĀ RADIOASTRONOMIJAS CENTRĀ

Lēnā Saules vēja avotu izpēte ir viens no VSRC Saules pētījumu grupas darbības



Solar Orbiter

Organizācija: ESA / NASA

Starts: 10.02.2020.

Tuvākā pietuvošanās Saulei: 60 Saules rādiusi jeb 0,28 au.

Misijas ilgums: 7 gadi jeb 22 apriņņojumi.

Zinātniskie uzdevumi: izpētīt, kas paātrina Saules vēju, kā mainīgie procesi uz Saules ietekmē starpplanētu telpu, kā Saules izvirdumi rada enerģētiskās daļiņas, kā darbojas Saules dinamo mehānisms un tālāk nosaka Saules vainaga un starpplanētu telpas magnētisko lauku.

Mērinstrumenti:

- lokālie mērījumi: MAG un RPW elektromagnētisko lauku mērījumiem, EPD enerģētisko daļiņu un SWA pārējo Saules vēja daļiņu mērījumiem;
- attālināti mērījumi: EUV ekstrēmā ultravioletā starojuma (EUV) kamera, METIS koronogrāfs, PHI polarimētrs, *SoloHI* kamera vainaga un Saules vēja struktūru redzamās gaismas attēlu iegūšanai, SPICE EUV spektroskops, STIX rentgenstarojuma kamera un spektromētrs.

virzieniem. Tiek pārbaudīta hipotēze, ka arī atsevišķu plankumu apkaimē var būt vērā ņemams nenoslēgtu magnētiskā lauka līniju apjoms. Šāda plankuma piemērs atrodams Saules aktīvajā apgabalā AR 8535, kas novērots 1999. gada maijā. Dažas no nenoslēgtajām līnijām šā plankuma magnētiskā lauka modelī parādītas 3. attēlā ar zaļu krāsu. Plankums tika novērots arī ar ASV *Very Large Array* radio teleskopu ierindu. Izmantojot plankuma magnētiskā lauka un virs tā esošās Saules atmosfēras modeli, VSRC zinātnieki vēlas pārbaudīt, vai plankuma radiostarojuma attēlos redzamais apgabals ar pazeminātu

starojuma intensitāti atbilst nenoslēgtu magnētiskā lauka līniju apgabalam un vai plazmai šajā vietā ir pazemināta temperatūra un blīvums, kas liecinātu par lēnā Saules vēja avotu. Izmantojot magnētiskā lauka modeli, varēs izpētīt lauka izplešanos līdz ar augstumu un to, vai nenoslēgto līniju apgabals ir daļa no *S-web*.

Saules pētījumiem VSRC tiek izmantots arī zemo frekvenču antenu lauks LOFAR Irbenē, kas darbu sāka 2019. gada oktobrī, par ko sīkāk stāstīts *Zvaigžņotās Debess* 2019. gada rudens numura rakstā *Irbenē mērīsim Saules vēju*.

Uzlabotas metodes, ar kurām nosaka magnētisko

sasaisti starp Sauli un punktiem starpplanētu telpā, būs noderīgas ne tikai lēnā Saules vēja pētījumos, bet arī jebkuru citu ar kosmiskajiem aparātiem veikto lokālo mērījumu interpretācijai.

Tātad Saules un kosmisko laikapstākļu pētījumos vēl ir daudz nozīmīgu neskaidru jautājumu, uz kuriem atbildes rast palīdzēs jauni kosmiskie aparāti, un savu pienesumu plāno sniegt arī VSRC radioastronomi. 🚀

Raksts tapis ar ERAF pēcdoktorantūras granta Nr. 1.1.1.2/VIAA/1/16/079 Uzbuve Saules magnetizētajai atmosfērai (USMA) atbalstu.



Starlink

SpaceX

satelītu ekspansija

PAŠLAIK ORBĪTĀ AP ZEMI ATRODAS APMĒRAM
2000 AKTĪVI FUNKCIONĒJOŠU PAVADOŅU. TUVĀKO GADU LAIKĀ
TO SKAITS VAR KĻŪT DIVDESMIT REIŽU LIELĀKS!

KAS IECERĒTS

Interesenti noteikti ir dzirdējuši par kompānijas *SpaceX* plāniem izveidot platjoslas interneta pakalpojumu, kas izmanto Zemes mākslīgos pavadoņus. Šim projektam dots nosaukums *Starlink*. *SpaceX* plāns ir vienkāršs – nodrošināt ikvienam pieejamu platjoslas interneta pieslēgumu. Mērķis ir piedāvāt internetu vietās, kur nav attiecīgās virszemes infrastruktūras, kā dēļ interneta pieejamība ir ierobežota vai nav iespējama vispār. Grūti iedomāties, ka būtu ekonomiski pamatoti, piemēram, vilkt optiskās šķiedras kabeli uz

kādu oāzi tuksneša vidū. Un arī mazāk eksotiskās vietās kvalitatīvs un ātrs interneta pieslēgums var būt nesasniedzama greznība. Noteikti šādas vietas ir arī tepat Latvijā.

To, cik ātrs būs interneta pieslēgums, noteiks vairāki faktori, piemēram, pakalpojuma saņemšanas vietā pieejamo pavadoņu skaits, pakalpojuma lietotāju skaits un citi. Tomēr ir zināms, ka tipiskam lietotājam tiks nodrošināts datu pārraides ātrums, kas mērāms gigabitos, un datu paketešu ceļošanas ilgums tīklā (tā sauktais *ping*), piekļūstot serveriem, kas atrodas netālu no pakalpojuma saņēmēja, būs

50–70 milisekundes. Tātad šis pakalpojums spēs konkurēt ar mobilo sakaru pakalpojumu sniedzēju piedāvāto, turklāt tas būs pieejams daudz plašākam lietotāju lokam.

KAS PAVEIKTS

Raksta tapšanas brīdī ir palaisti 422 *Starlink* pavadoņi, no kuriem darbojas 417, bet pieci ir bojāti un nedarbojas. Vienā reizē *Falcon 9* nesējraķete orbītā nogādā 60 pavadoņus, un ir veikti jau septiņi starti. Te jāpiebilst, ka pirmajā reizē orbītā tika nogādāti tikai divi pavadoņi, turklāt kā papildu krava lidojumā, kurā galvenais “pasāžieris”

bija spāņu pavadoņi *Paz*. Turpmāk *SpaceX* paredz, ka ik divas nedēļas kosmosā tiks nogādāti vēl 60 pavadoņi, tādējādi 2020. gadā veicot pavisam 24 startus. Ja šos plānu izdosies realizēt, jau 2020. gada beigās *Starlink* nodrošinās pastāvīgus pavadoņu interneta pakalpojumus Kanādā un ASV ziemeļu daļā.

Starlink pavadoņa masa ir 260 kilogrami, un tas veidots kā plakans panelis, lai vienā startā raķetē varētu "sapakot" pēc iespējas vairāk pavadoņu. Lai konstrukcija būtu maksimāli vienkāršāka, pavadoņi aprīkoti tikai ar vienu saules bateriju paneli. Sakariem ar klientiem un bāzes stacijām uz Zemes tiek izmantotas četras galvenās antenas. Pirmās

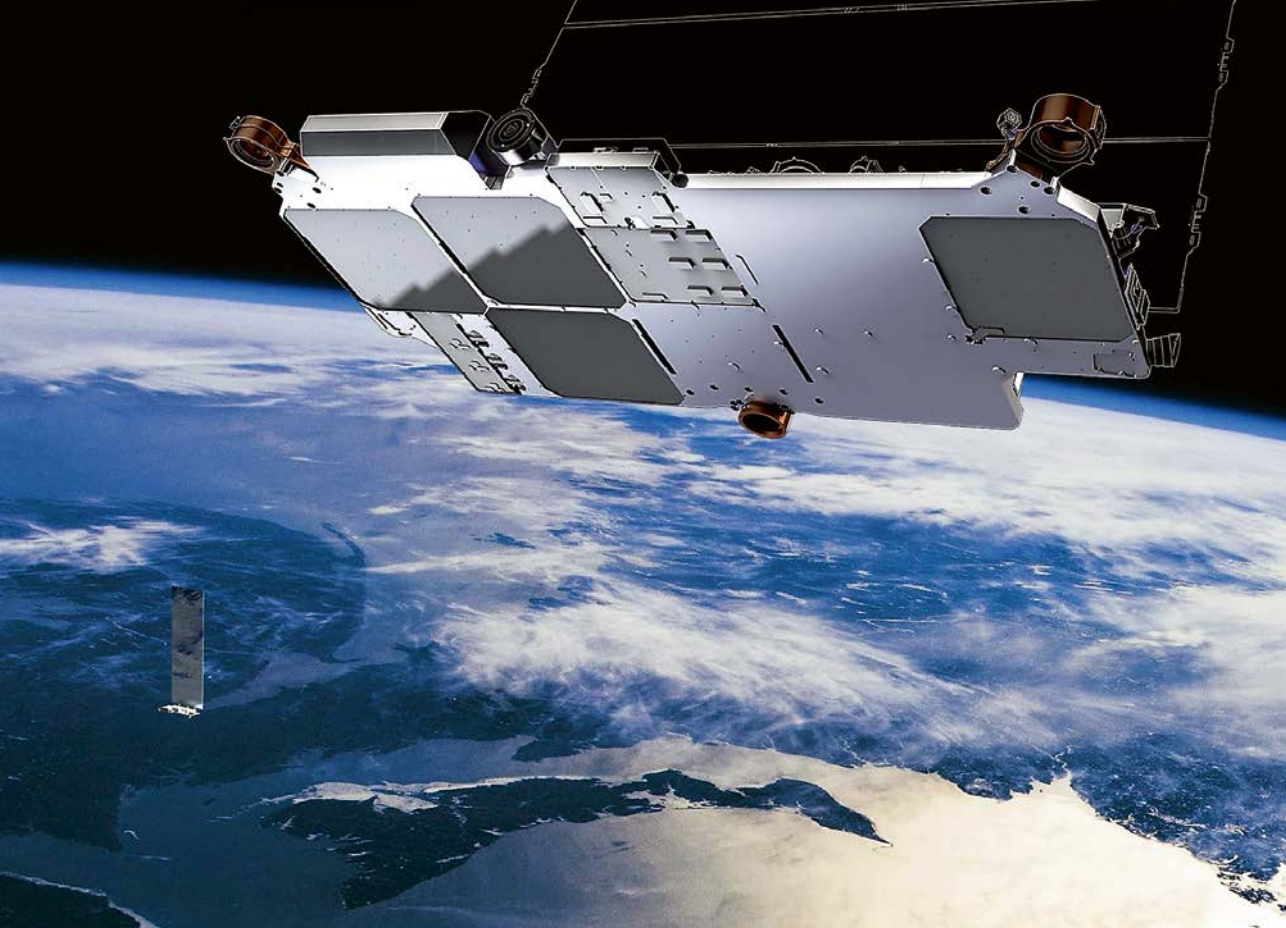
PAREDZĒTS, KA JAU 2020. GADA BEIGĀS "STARLINK" NODROŠINĀS PASTĀVĪGU PAVADOŅU INTERNETU KANĀDĀ UN ASV ZIEMEĻU DAĻĀ

paaudzes pavadoņiem nav savstarpējo sakaru iespējas, bet paredzēts, ka nākotnē pavadoņi sazināsies, izmantojot lāzeru signālus. Tādā gadījumā sakariem nepieciešamā aparatūra būs neliela, bet datu pārraides ātrums – liels. Pavadoņa konstrukcijas vienkāršība nodrošina to, ka *SpaceX* vienā dienā spēj saražot sešus *Starlink* pavadoņus. Pavadoņu ražošana notiek patiesi industriālos apmēros!

Starlink ir pirmie pavadoņi, kuros izmantoti kriptona jonu dzinēji. Līdz šim tādi jonu dzinēji bija tikai starplanētu zondēm. Šie dzinēji paredzēti pavadoņu ievadīšanai darba orbītā, ekspluatāciju sākot, orbītas koriģēšanai, piemēram, lai izvairītos no kosmiskajiem atkritumiem, un pavadoņa darba mūža beigās, kad dzinējs tiks izmantots, lai pazeminātu pavadoņa orbītu, līdz tas sadegs atmosfērā.



Sešdesmit *Starlink* pavadoņi sagatavoti ievietošanai nesējraķetē



Starlink pavadonis tuvplānā

KAS VĒL DARĀMS

Ja izdosies realizēt plānoto un 2020. gadā veikt visus 24 paredzētos startus, tad būs pabeigta projekta pirmā fāze. Piecsimt piecdesmit kilometru augstumā virs Zemes atradīsies 1584 *Starlink* pavadoņi, kas būs izvietoti 72 orbitālajās plaknēs pa 22 katrā. Atbilstoši plāniem, kas publikoti 2020. gada aprīlī, *Starlink* pavadoņus paredzēts izvietot trīs dažādu augstumu orbītās, un to kopējais skaits būs 12 tūkstoši, ar iespēju palielināt pavadoņu skaitu līdz fantastiskiem 42 tūkstošiem. Šajā 550 kilometru augstumā atradīsies

pirmais pavadoņu mākonis. Tālāk plānots izveidot 2825 pavadoņu mākonis, kas atradīsies 1110 kilometru augstumā, un apmēram 7500 pavadoņu mākonis, kas atradīsies 340 kilometru augstumā. Šie plāni gan var mainīties, bet sniedz priekšstatu par to, kas ir plānots.

Nākotnē *Starlink* pavadoņu nogādāšanai orbītā paredzēts izmantot arī *SpaceX* jauno ražeti *Starship*, kad tā būs gatava. Viena *Starship* orbītā nogādās līdz pat 400 *Starlink* pavadoņu. Tātad lielā pavadoņu skaita ieviešana orbītā nemaz nebūs tik laikietilpīga, kā sākotnēji varētu šķist.

“STARLINK” PAVADOŅU KOPĒJAIS SKAITS BŪS 12 TŪKSTOŠI, UN PASTĀV IESPĒJA PALIELINĀT PAVADOŅU SKAITU LĪDZ FANTASTISKIEM 42 TŪKSTOŠIEM



PIEJAMĪBA LATVIJĀ UN BALTIJĀ

Analizējot pārklājuma simulāciju, kas pieejama internetā, var secināt, ka *Starlink* pakalpojumi jau 2020. gada beigās būs gandrīz nepārtraukti pieejami visā Latvijas teritorijā. Proti, no Latvijas teritorijas gandrīz visu laiku būs redzams kāds no *Starlink* pavadoņiem. Nedaudz sliktāka situācija ir mūsu kaimiņiem igauņiem, neatkarīgi no tā, cik labu pārklājumu *Starlink* nodrošinās. Iemesls tam ir vienkāršs – Igaunijas ziemeļi apmēram sakrīt ar robežu, līdz kurai sniegsies *Starlink* sakaru pārklājums.

Tiek lēsts, ka pārklājuma robeža mūsu puslodē būs apmēram 60,5 grādus uz ziemeļiem no ekvatora. Tas nozīmē – kaut arī, visticamāk, pakalpojums šajā zonā būs pieejams, tā kvalitāte noteikti nebūs tik augsta kā tālāk uz dienvidiem. Lietuvā *Starlink* internets būs ērti pieejams.

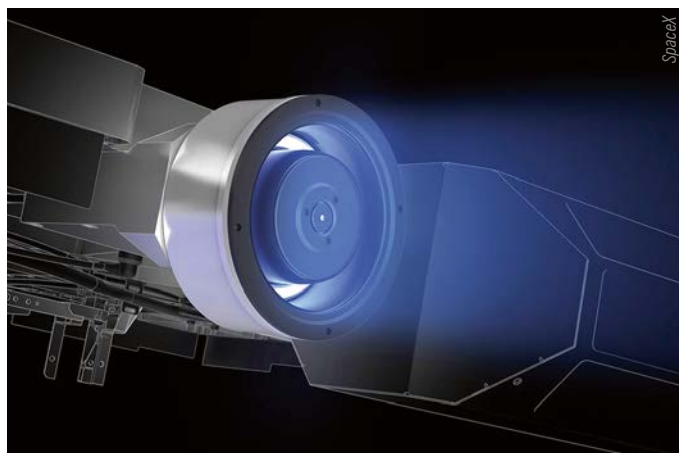
Daudz sliktākā situācijā ir Skandināvijas ziemeļu daļas iedzīvotāji, tur šis pakalpojums nebūs pieejams. Mūsu reģions, pateicoties Gofa straumei, ir blīvi apdzīvots tālāk uz ziemeļiem nekā citur pasaulē. Tas nozīmē, ka iekļaujot šos ziemeļu apgabalus pārklājumā, pavadoņi, kas tos apkalpotu, lielāko daļu laika lidotu virs vietām, kur ir maz cilvēku un tātad maz klientu.

CENAS UN BĀZES STACIJAS

Šobrīd *Starlink* vēl nav neviena klienta, nav zināma arī pakalpojuma cena. Tomēr tiek lēsts, ka interneta pieslēgums varētu maksāt apmēram 80 ASV dolāru mēnesī.

Taču reālo cenu uzzināsim, kad pakalpojums tiks oficiāli izsludināts. Paredzams, ka cena dažādās pasaules vietās būs atšķirīga un atkarīga no tā, vai pakalpojumu piedāvās *SpaceX* vai tās partneris, no konkurences pakalpojuma saņemšanas vietā, kā arī no *Starlink* sistēmas noslogotības konkrētajā apgabalā.

Lai pavadoņu interneta pakalpojumu sistēma darbotos, nepieciešama izvērstā virszemes infrastruktūra. Lai nodrošinātu ātru datu pakešu pārraidi, bāzes stacijām uz Zemes jāatrodas samērā tuvu sistēmas klientiem. Situāciju sarežģī tas, ka šobrīd vēl nedarbojas *Starlink* pavadoņu savstarpējie sakari un datu pārraide jānodrošina, izmantojot Zemes stacijas, kas atrodas tā paša pavadoņa "redzamības zonā", kurā atrodas klienti. Paredzams, ka viena pavadoņa pārklājuma zonas rādiuss būs apmēram 940 kilometru. Lai nodrošinātu stabilus sakarus, attālumam



Pavadoņa kriptonu jonu dzinējs

starp bāzes stacijām jābūt vismaz divas reizes mazākam.

SpaceX jau ir saņēmusi ASV iestāžu atļauju valsts teritorijā uzstādīt līdz vienam miljonom *Starlink* signālu uztveršanas antenu. Šo antenu diametrs būs 48 centimetri, un, kā kādā intervijā izteicās *SpaceX* vadītājs Īlons Māks, tās atgādinās NLO uz kāta. Antenu uzstādīšanai nebūs nepieciešams kvalificēts speciālists, būs tikai jāprot antenu nostiprināt un pieslēgt to.

ASTRONOMU BAŽAS

2020. gada pavasarī *Starlink* pavadoņi diezgan bieži bija novērojami arī Latvijā. Sevišķi aizraujoši tas ir tāpēc, ka vienlaikus iespējams novērot lielu pavadoņu skaitu, tie ir samērā spoži un labi redzami ar neapbruņotu aci. Jāpiebilst

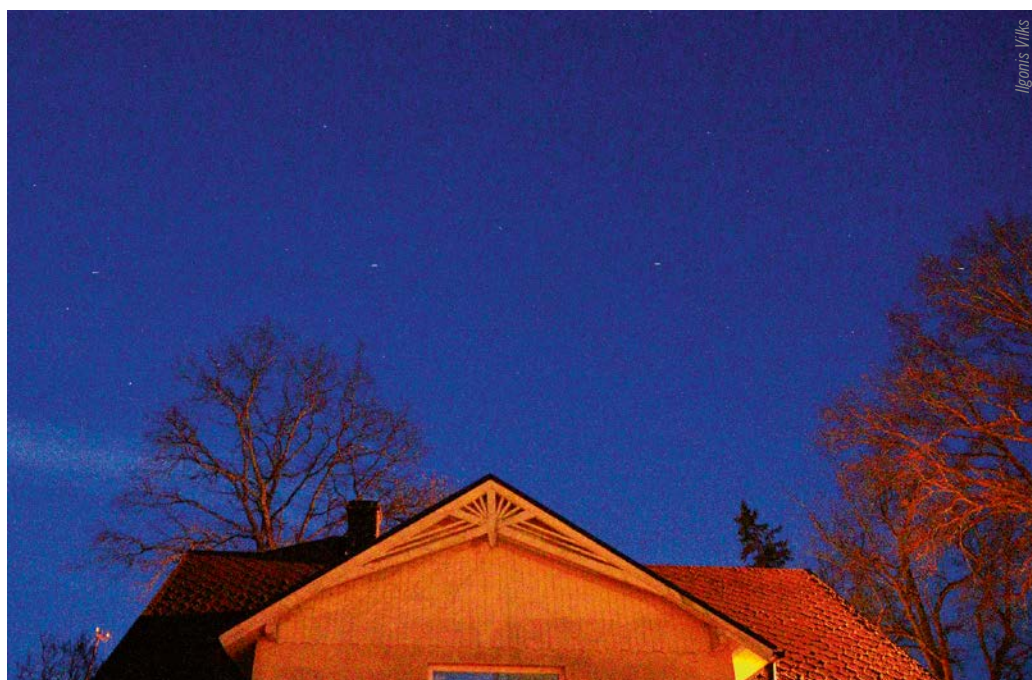
LIELS SALĪDZINOŠI SPOŽU OBJEKTU PIEPLŪDUMS ORBĪTĀ AP ZEMI RADA BŪTISKUS TRAUCĒJUMUS ASTRONOMISKAJOS NOVĒROJUMOS. ŠO NEGATĪVO IETEKMI PAREDZĒTS PĒC IESPĒJAS SAMAZINĀT

gan, ka, pavadoņiem pakāpeniski ieejot savās darba orbītās, tie kļūst grūtāk saskatāmi.

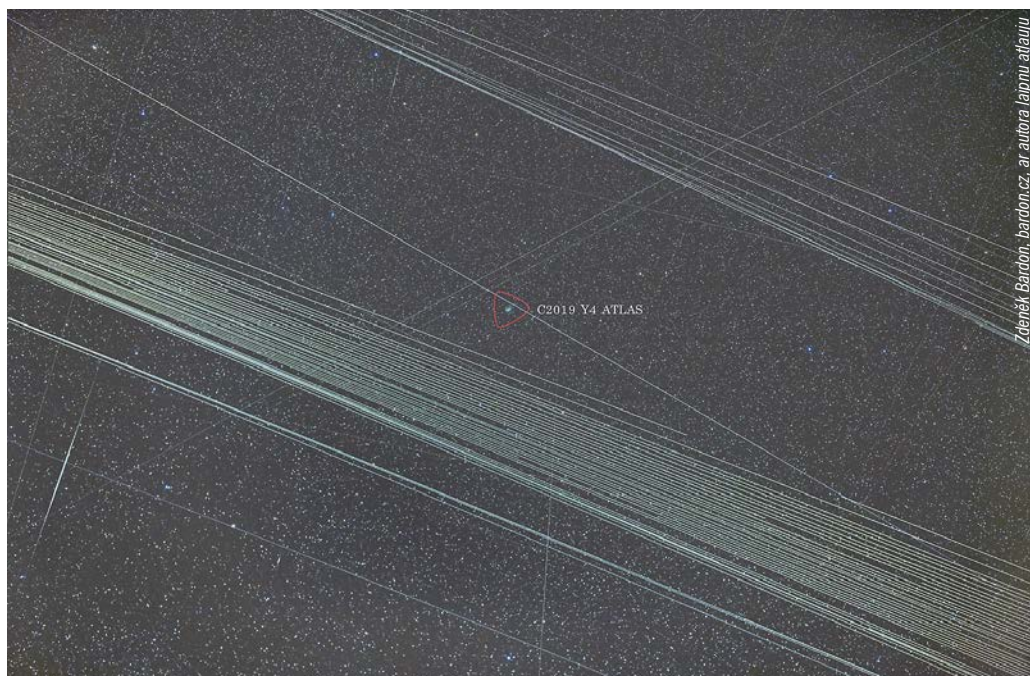
Kas vienam ir izklaide, citam rada bažas un pat problēmas. Astronomus neapmierina šāds liels salīdzinoši spožu objektu pieplūdums orbītā ap Zemi. *Starlink* pavadoņi var nopietni traucēt astronomiskos novērojumus, it īpaši, ja tiek veikti uzņēmumi ar garu

ekspozīcijas ilgumu. Labs piemērs ir čehu astrofotogrāfa Zdeneka Bardona uzņemtais komētas C2019/Y4 (ATLAS) attēls. Tajā skaidri redzamas divu *Starlink* pavadoņu, tā saukto vilcienu (daudzi pavadoņi rindā), pēdas. Šāds attēls, kaut arī interesants, no astronomu viedokļa ir bojāts.

SpaceX plāno veikt vairākus pasākumus, kas



Starlink pavadoņu rinda Latvijas debesīs



Zdeněk Bardon, bardon.cz, ar autora laipnu atļauju

Komētas ATLAS attēls 2020. gada aprīlī, kopējais ekspozīcijas ilgums 76 minūtes. Tajā skaidri redzamas divu Starlink “vilcienu” atstātās pēdas

samazinās pavadoņu atstarpotspēju un tātad arī to spožumu. Viens šāds izmēģinājums jau ir veikts – trešajā *Starlink* pavadoņu “porcijā” tika palaists viens pavadonis, kas nokrāsots ar īpašu krāsu. Šo pavadoni nosauca par *DarkSat*, kas tulkojumā nozīmē *tumšais pavadonis*. Speciālā krāsa pavadoņa spožumu ir samazinājusi apmēram par 55 procentiem. Tas nozīmē, ka šādi apstrādāti pavadoņi, nonākot savās darba orbītās, ar neapbruņotu aci vairs nebūs saskatāmi. Vēl tuvākajā laikā plānots izmēģināt “saulesargu”, kas paslēptu pavadoņa korpusu ēnā, izņemot, protams, tā saules bateriju. Ja izvēlas pareizu saulesarga un saules

baterijas orientāciju, pavadonis būtu gandrīz neredzams.

Šādi tiktu daļēji apmierinātas astronomijas amatieru un profesionālo astronomu vajadzības, tomēr ir jomas, kurās pat neredzams pavadonis sagādā problēmas. Piemēram, citplanētu pētījumos novēro zvaigžņu spožuma maiņu. Šādus novērojumus var traucēt, ja neredzams pavadonis vienkārši izlido cauri novērojumu instrumenta redzeslaukam. Ņemot vērā lielo pavadoņu skaitu, tas noteikti notiks, turklāt bieži. Situāciju mazliet atvieglot, ka visi *Starlink* pavadoņi pēc to darba mūža beigām, izmantojot jonu dzinēju, tiks izvadīti no darba orbītas un pēc tam 1–5 gadu laikā sadegs

atmosfērā. Dabiskā ceļā pavadoņi atmosfērā nonāktu tikai pēc vairākiem simtiem gadu.

ONE WEB UN CITI KONKURENTI

Starlink nav vienīgā topošā pavadoņu interneta sistēma, otra tāda ir *OneWeb*. Lai to izveidotu, jau palaisti vairāki nekā 70 pavadoņi. Taču vismaz pagaidām šo projektu varam aizmirst, jo 2020. gada martā *OneWeb* pasludināja maksātspēju, līdz ar to par projekta nākotni skaidrības nav. Par to, kas notiks ar jau palaisto pavadoņu īpašumtiesībām, lems tiesa. Citi uzņēmumi, kas varētu iesaistīties pavadoņu interneta biznesā, ir *Samsung* un *Amazon*. Tiesa, līdz reāliem pavadoņiem orbītā neviens no tiem nav vēl ticis. 🦋

Raķetes *Electron* starts

Raķete no HOBITU ZEMES

VIRSRAKSTĀ MINĒTĀ HOBITU ZEME, PROTAMS,
IR JAUNZĒLANDE. TIEŠI NO ŠĪS VALSTS ZIEMEĻSALAS NU JAU
VAIRĀK NEKĀ TRĪS GADUS NOTIEK “ELECTRON” RAĶEŠU STARTI

Starti notiek Jaunzēlandes Māhijas pussalā, kur atrodas kompānijas *Rocket Lab* starta komplekss Nr. 1. Precizitātes labad gan jāmin, ka pati kompānija

reģistrēta Kalifornijas štatā, ASV, un tieši tur top raķetes *Rutherford* dzinēji. Tomēr kompānijas saknes meklējamas Jaunzēlandē, to 2006. gadā dibināja jaunzēlandietis Pīters Beks (*Beck*)

ar mērķi veidot un palaist nelielas suborbitālās raķetes, ko varētu izmantot dažādos pētījumos. Tieši *Rocket Lab* bija pirmā privātā kompānija, kas 2009. gada dienviņu puslodē ar savu suborbitālo

raķeti Ātea-1 sasniedza kosmosu, 150 kilometru augstumā nogādājot divus kilogramus kravas, kura, kā plānots, pēc tam pa ballistisku trajektoriju iekrita okeānā.

Biznesam attīstoties un piesaistot finansējumu no ASV, 2013. gadā *Rocket Lab* mītne tika pārcelta no Jaunzēlandes uz Kaliforniju, kur arī notiek svarīgākie raķetes izstrādes posmi, protams, izņemot pašus startus. Šobrīd tiek veidota otra *Electron* raķešu palaišanas vieta, kas atrodas Virdžīnijas štatā, ASV. Pirmais starts no tās plānots jau 2020. gada vidū.

ELECTRON RAĶETE

Electron ir nelielas celstspējas divpakāpju orbitālā raķete, kas 500 kilometru augstā orbītā spēj pacelt 150–225 kilogramus smagu kravu. Raķetes augstums ir 17 metri, diametrs – 1,2 metri. Pirmā pakāpe ir 12,1 metru gara, un to darbina deviņi *Rutherford* dzinēji, kas jūras līmenī nodrošina kopējo vilkmi 162 kN. Starp citu, fiziķis Ernests Rezerfords, kam par godu nosaukts dzinējs, bija jaunzēlandietis. Otrā pakāpe ir aprīkota ar vienu *Rutherford* dzinēju, kas pielāgots darbam vakuumā un nodrošina 22 kN vilkmi. Specifiskiem lidojumiem ir izstrādāta arī raķetes trešā pakāpe. Tā pagaidām izmantota izmēģinājumos tikai vienu reizi. Raķetes trešā pakāpe aprīkota ar *Curie* dzinēju (nosaukts par godu fiziķei Marijai Kirī), kura vilkme ir apmēram 120 N. Plānots,



Rocket Lab vadītājs Pīters Beks pie *Electron* raķetes ar *Rutherford* raķešdzinēju rokās

ka standarta lidojumos raķetes trešā pakāpe pēc sava uzdevuma paveikšanas tiks nobremzēta un sadegs atmosfērā, lai nepiegrūžotu Zemei tuvo orbītu.

Raksta tapšanas brīdī *Electron* raķete veikusi 11 startus, no kuriem tikai viens bijis nesekmīgs. Tas bija pats pirmais starts, kura nosaukums bija *It's a Test* (Tas ir izmēģinājums). Turklāt neveiksmes cēlonis nebija raķetē, bet gan uz zemes izvietotajā komunikāciju aprīkojumā. Interesanti ir dažādo startu (raķešu) nosaukumi, piemēram, *Two Thumbs Up* (Īkšķus gaisā!), *Running Out Of Fingers* (Pietrūkst pirkstu startu skaitīšanai), *Look Ma, No Hands* (Skaties, mammu, (es braucu) neturoties ar rokām).

Desmit veiksmīgajos startos orbītā nogādāti pārsvarā nelieli pavadoņi, tā sauktie kubsati. *Rocket Lab* klientu

vidū ir arī NASA un ASV nacionālās izlūkošanas birojs. NASA uzdevumā projekta ELaNa ietvaros orbītā tika palaisti 10 nelieli pavadoņi. Izlūkošanas biroja vajadzībām 2020. gada sākumā orbītā nogādāts īpaši slepens spiegu pavadoņs NROL-151. 2020. gadā paredzēti pavisam 12 *Electron* starti, kas ir vairāk nekā iepriekšējos trijos gados kopā.

ATKĀRTOTI IZMANTOJAMĀ PIRMĀ PAKĀPE

Lai samazinātu lidojumu izmaksas, arī *Rocket Lab* plāno raķetes *Electron* pirmo pakāpi izmantot vairākas reizes. Pirmais lidojums, kura laikā tika ievākti dati šā uzdevuma īstenošanai, bija *Electron* astotais starts. Raķetes sensori reģistrēja informāciju par raķetes pirmo pakāpi pēc tam, kad tā savu uzdevumu ir paveikusi un krīt okeānā.



Electron raķetes pirmās pakāpes atgūšanas izmēģinājums

Desmitā starta laikā tika izmēģināts pirmās pakāpes bremsēšanas mehānisms, lai, pakāpei atgriežoties Zemes atmosfērā, tā netiktu bojāta. Izmēģinājums bija veiksmīgs, raķete nobremzējās, tomēr šajā reizē to nemēģināja atgūt.

Turpmāk plānots raķetes pirmo pakāpi aprīkot ar izpletņiem. Tas ļaus vēl vairāk samazināt tās ātrumu un kādā no nākamajiem lidojumiem to tiešām arī atgūt, ar helikoptera satverot pakāpi, pirms tā iekrīt okeānā. Atšķirībā no *SpaceX Falcon* raķetēm, kuru pirmā pakāpe nolaižas pati, atkārtoti iedarbinot savus dzinējus, *Electron* dzinēji iedarbināti netiks. 2020. gada aprīlī izmēģināja *Electron* pirmās pakāpes notveršanu ar helikoptera. Reālas raķešpakāpes vietā izmantoja

raķetes pirmo pakāpi imitējošu priekšmetu, kuru nometā no helikoptera. Izmēģinājuma laikā sekmīgi atvērās izpletņi, otrs helikopters notvēra raķetes imitāciju un veiksmīgi nogādāja to uz zemes.

RUTHERFORD DZINĒJI

Rutherford dzinējs darbojas ar petroleju un skābekli, tādā ziņā tas uzskatāms par raķešdzinēju klasiku. Tomēr tam ir arī atšķirības – dzinēja degvielas sūkņus darbina elektromotori, nevis turbīnas, kā tas ir citos dzinējos. Ieguvums ir vienkāršāka dzinēja konstrukcija, jo nav vajadzīga augstspiediena turbīna, kas darbina degvielas sūkņus, turklāt vēl patērējot degvielu un skābekli. Turbīnas vietā stājas elektromotors, kas nodrošina

degvielas un skābekļa padevi dzinēja sadegšanas kamerā. Konstrukcijas mīnuss ir papildu masa, ko veido elektromotoru darbināšanai nepieciešamie akumulatori. Tāpēc elektriskos degvielas sūkņus var izmantot tikai mazām raķetēm, jo to darbināšanai nepieciešami nelieli akumulatori.

SpaceX vadītājs Īlons Mask šo jautājumu ir komentējis saistībā ar raķetes *Falcon-9* dzinējiem *Merlin*, norādot, ka raķetes dzinēja degvielas sūkņu darbināšanai nepieciešama apmēram 100 000 zirgspēku jauda. Kaut arī *Falcon-9* pirmā pakāpe darbojas tikai dažas minūtes, ja izmantotu elektromotorus, akumulatoru kopējā masa, visticamāk, būtu tik liela, ka raķete nemaz nespētu startēt. Tātad elektriskie degvielas sūkņi ir izmantojami tikai nelielu raķešu dzinējos, un *Electron* ir tieši šāda izmēra raķete.

Lai vēl vairāk samazinātu izmaksas un ietaupītu materiālus, lielākā daļa *Rutherford* dzinēja sastāvdaļu tiek izgatavotas, izmantojot 3D printeri. Procesā netiek lietoti plastmasas pavidieni, bet gan metāla pulveris. Papildu ieguvums no 3D drukas tehnoloģijas ir augstāka izgatavoto detaļu kvalitāte. Detaļās nav plaisu, un tās visas ir vienādas līdz precizitātei, kādu ar citām ražošanas metodēm sasniegt būtu ļoti grūti.

Electron raķete ir ieņēmusi stabilu vietu mazas celtspējas kosmisko raķešu nišā. 🚀

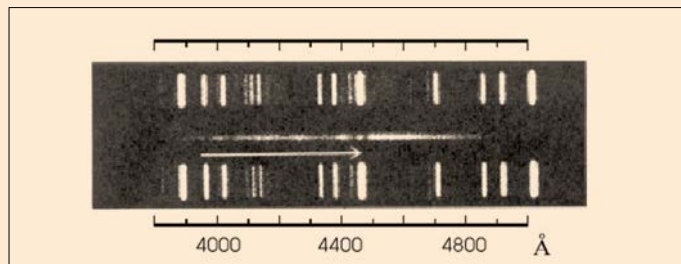
DEBESS SPĪDEKĻU

MSA Earth Observatory

spožums un starjanda

1. Ielas laternas absolūtais zvaigžņlielums ir $+66^m$. Cik laternu ir Rīgas ielās, ja Rīga, skatoties no Mēness, redzama kā 10. zvaigžņlieluma objekts?
2. Zvaigžnei uzliesmojot, tās vidējais blīvums samazinājās astoņas reizes, bet virsmas temperatūra paaugstinājās divas reizes. Noteikt, kā izmainījās šīs zvaigžnes rādiuss un starjanda, ja zvaigžnes masa palika nemainīga!
3. Palomāra observatorijas astronomi ar 5 m diametra Heila teleskopu novēroja galaktiku Vēršu Dzinēja galaktiku kopā un ieguva tās spektrālo uzņēmumu attiecībā pret laboratorijas spektru (sk. att.), kurā ar bultiņu attēlota sarkanā nobīde identificētajām Ca II spektrālajām līnijām. Viņi arī noteica, ka galaktikas spožums $m = 18^m,0$. Aprēķināt, cik reižu vairāk gaismas šī galaktika izstaro salīdzinājumā ar Sauli! Habla konstante $H = 75 \text{ km/s}\cdot\text{Mpc}$, Saules absolūtais zvaigžņlielums $M_S = 4^m,8$ un gaismas ātrums $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Galaktikas spektrs (vidū) un laboratorijas spektrs (attēla augšējā un apakšējā daļā)



Atrisinājumi

Chris Willnes/ESO, CC BY 4.0

Galaktiku kopa

1. Ielas laternas spuldzes redzamo zvaigžņlielumu m nosaka, izmantojot formulu $M = m + 5 - 5 \lg r$, kur M ir spuldzes absolūtais zvaigžņlielums un r – attālums no Zemes līdz Mēnesim (parsekos). Skaitliski $m = 66 - 5 + 5 \lg(1,2 \cdot 10^{-8}) \approx 21^m,4$. Vienādā attālumā apgaismojums E ir proporcionāls gaismas stiprumam I , bet spuldžu gaismas stiprums summējas. Tāpēc, izmantojot Pogsona formulu, var aprēķināt laternu skaitu

$$n = \frac{I_n}{I} = \frac{E_n}{E} = 10^{0,4(m-m_n)} = 10^{0,4(21,4-10)} \approx 36\,308 \text{ laternas.}$$

2. Zvaigznes starжда $L \sim S \cdot T^4$, kur S ir zvaigznes virsmas laukums un T – temperatūra. Savukārt $S \sim R^2$, kur R ir zvaigznes rādiuss, un $R \sim \rho^{-1/3}$, kur ρ ir vidējais blīvums. Tā kā zvaigznes vidējais blīvums samazinājās astoņas reizes, no formulas $R \sim \rho^{-1/3}$ iegūstam, ka zvaigznes rādiuss palielinājās divas reizes. Starжда palielinājās $8^{2/3} \cdot 2^4 = 64$ reizes.

3. Attēlā redzams, ka spektrālīnijas viļņa garums laboratorijā $\lambda_l = 3950 \text{ \AA}$ un galaktikas spektrālīnijas viļņa garums $\lambda_g = 4470 \text{ \AA}$. Izmantojot šos datus, var aprēķināt sarkano nobīdi $z = \frac{\lambda_g - \lambda_l}{\lambda_l} \approx 0,13$. Ātrums, ar kādu galaktika attālinās no novērotāja, ir vienāds ar $v = cz = 0,39 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Attālums līdz šai galaktikai $r = \frac{v}{H} = 520 \text{ Mpc}$. Galaktikas absolūtais zvaigžņlielums $M = m + 5 - 5 \lg r \approx -20^m,6$; galaktikas starжда, izteikta Saules starжда vienībās, ir vienāda ar $L = 10^{0,4(M_S - M)} = 10^{10,16} \approx 1,4 \cdot 10^{10} L_S$. Tātad galaktika izstaro $1,4 \cdot 10^{10}$ reižu vairāk gaismas nekā Saule.

Tapis rakstu krājums par FRĪDRIHU CANDERU

IR PERSONĪBAS, PIE KURU VEIKUMA IR VĒRTS PALAIKAM ATGRIEZTIES.
VIENA NO TĀDĀM IR RAĶEŠU ZINĀTNIĒKS FRĪDRIHS CANDERS

Rakstu krājuma *Inženieris Frīdrihs Canderis* sastādītāji Valdis Avotiņš un Juris Žagars priekšvārdā raksta: "Vēsturisku (..) un cilvēcisku iemeslu dēļ F. Canderā paveiktais nav adekvāti novērtēts pat Krievijā – valstī, kurā viņš ielika pamatus izciliem sasniegumiem kosmosa izpētes un raķešu tehnikas jomā. (..) Tādēļ mēs, veidojot šo rakstu krājumu, izvēlējamies no

mūsu viedokļa labāko, patiešā un interesantāko (..) par šo izcilo inženieri un pētnieku, lai jaunajiem lasītājiem, kas par to interesējas, autentisks materiāls būtu vienkopus un viegli pieejams."

Tas arī izsaka rakstu krājuma būtību. Tajā apkopoti 19 raksti, kas sakārtoti nodalās: biogrāfijas, laikabiedru atmiņas, darba novērtējums, saistītas tēmas, sabiedrības attieksme. Autoru vidū ir Jānis

Stradiņš, Canderā biogrāfijas pētnieks Dmitrijs Ziļmanovičs un citi. Teksts galvenokārt ir latviešu valodā, izņemot pārīris materiālus angļu un krievu valodā. Rakstu krājums izdots 2019. gadā, to publicējis Ventspils Augstskolas Inženierzinātņu institūts *Ventspils Starptautiskais radioastronomijas centrs*. Grāmata ir pieejama ne tikai drukātā, bet arī elektroniskā formātā. Jebkurš interesents to var





Rakstu krājuma *Inženieris Frīdrihs Canders* atklāšana Ventspils Augstskolā. No kreisās: Ventspils Augstskolas rektors Kārlis Krēsliņš, asociētais profesors Juris Žagars, kosmonauts Aleksandrs Aleksandrovš, VSRC direktors Aleksejs Klokovs

lejupielādēt adresē: <http://virc.eu/petnieciba/gramatas/2020.gada.13.februari>
 Ventspils Augstskolas bibliotēkā notika rakstu krājuma *Inženieris Frīdrihs Canders* atklāšana, kuru vadīja Ventspils Starptautiskā radioastronomijas centra (VSRC) direktors Aleksejs Klokovs. Rakstu krājums ir veltījums VSRC 25 gadu jubilejai un centra vadošā pētnieka, asociētā profesora Jura Žagara 70 gadu

jubilejai. Pasākumā piedalījās augstskolas un centra darbinieki, kā arī viesi, tostarp Latvijas Universitātes Muzeja Frīdriha Candra un Latvijas astronomijas kolekcijas pārstāvji – Ilgonis Vilks un Gunta Vilka. Īpašais viesis bija Krievijas kosmonauts Aleksandrs Aleksandrovš, kura vecāki Maskavā 20. gadsimta 30. gados strādājuši tajā pašā Reaktīvās kustības izpētes grupā, kurā

darbojās Frīdrihs Canders. Aleksandrs Aleksandrovš arī sarakstījis apjomīgu grāmatu par Reaktīvās kustības izpētes grupas darbību. Vairāku krājumā iekļauto rakstu autorus Juris Žagars pastāstīja par rakstu krājuma tapšanu.

Lūk, ko par sava brāļa Frīdriha jaunības gadiem stāsta viņa pusmāsa Margarēta Jirgensene-Candere: “Cik skaistus stāstus viņš varēja stāstīt! Bet bezgalīgos sīkumus tehniskos jautājumos, kas mani garlaikoja, es veikli pratu neklausīties. Toties viņa tēlojumus par iespējamiem Marsa, Veneras vai Jupitera apmeklējumiem es klausījos ar aizrautību un biju droši vien viņa pateicīgākā klausītāja. Viņš man nesa grāmatas. Liekas, tas bija *Jaunais Universs*, kurā bija sevišķi brīnumains stāsts (uto-pisks romāns, teiktu šodien!) par lidojumu līdz Marsam un ar to saistītiem pārliecinošiem piedzīvojumiem. Es vēl šodien domāju, ka šis fantastiskais stāsts kaut netieši ietekmēja mana brāļa skaidrās pētnieka smadzenes. Viņa vadībā es zīmēju neskaitāmus “Marsa cilvēkus” – briesmoņus. Sevišķi sajūsmināts viņš bija, kad es Marsa iedzīvotājus attēloju kā ūdens iemītniekus, kuri mājo Marsa kanālos un to apkaimē. Viņš vairākkārt sacīja, skatoties ar viņam raksturīgu, it kā uz iekšu vērstu skatu: “Ir taču neticami, nepieņemami, ka tikai uz mūsu mazās Zemes ir dzīva radība; ir taču tik bezgala daudz zvaigžņu, noteikti arī citur ir dzīvība, tikai to vajag atrast, vajag turp nokļūt.””

VEIDOJOT RAKSTU KRĀJUMU, SASTĀDĪTĀJI
 IZVĒLĒJUŠIES, VIŅUPRĀT, LABĀKOS,
 PATIESĀKOS UN INTERESANTĀKOS
 MATERIĀLUS PAR IZCILO INŽENIERI UN
 PĒTNIEKU FRĪDRIHU CANDERU

JĀNIS KAULINŠ

TEIDES observatorija Tenerifē

Runājot par astronomiju Kanāriju salās, parasti iedomājas Palmas salas teleskopu kompleksu, kurā ietilpst daudz pazīstamu instrumentu, arī viens no pasaulē lielākajiem optiskajiem teleskopiem – *Gran Telescopio Canarias* ar 10,4 metru caurmēra galveno spoguļi. Taču blakus – Tenerifē salā – 2390 metru virs jūras līmeņa atrodas vēl kāda interesanta astrovieta – Kanāriju Astrofizikas institūta Saules observatorija Teide. Autoram iznāca tajā pabūt 2020. gada janvārī pēc Eiropas Astronomijas biedrības darba sanāksmes. Šeit 50 hektāru platībā izvietoti apmēram 20 dažāda lieluma instrumenti, kas pārsvarā seko notiekošajam uz Saules. Iespaidīgākais ir vācu instruments GREGOR – Saules teleskops ar 1,5 metru adaptīvo spoguļi, 55,6 metru

Kudē fokusa attālumu un pilnībā vakuumētu 42 metrus garo tubusu.

Līdzīgi Palmas salas teleskopiem liela daļa Teides observatorijā esošo ir Eiropas zinātniskās sabiedrības radīti. Par vietas un infrastruktūras uzturēšanu un apgādi Spānija saņem 20% novērojumu laika. Šāda pieeja ir bijusi ļoti auglīga. Vēl pagājušā gadsimta 60. gados visā Spānijā bija tikai divi astronomi, kas nodarbojās ar Saules lēkta un rieta laiku aprēķiniem kara flotes vajadzībām. Mūsdienās Spānija ir īsta astronomijas lielvalsts ar vairākiem simtiem profesionālu astronomu un pasaules klases instrumentiem, kas izvietoti lieliska astroklīmata zonā.

Teides observatoriju iespējams apmeklēt dienas laikā katru dienu. Pieejamas ekskursijas angļu, vācu, franču, spāņu un krievu valodā. Tas nozīmē, ka atpūtu Tenerifē var apvienot ar vērtīgu izglītojošu pasākumu. ✈

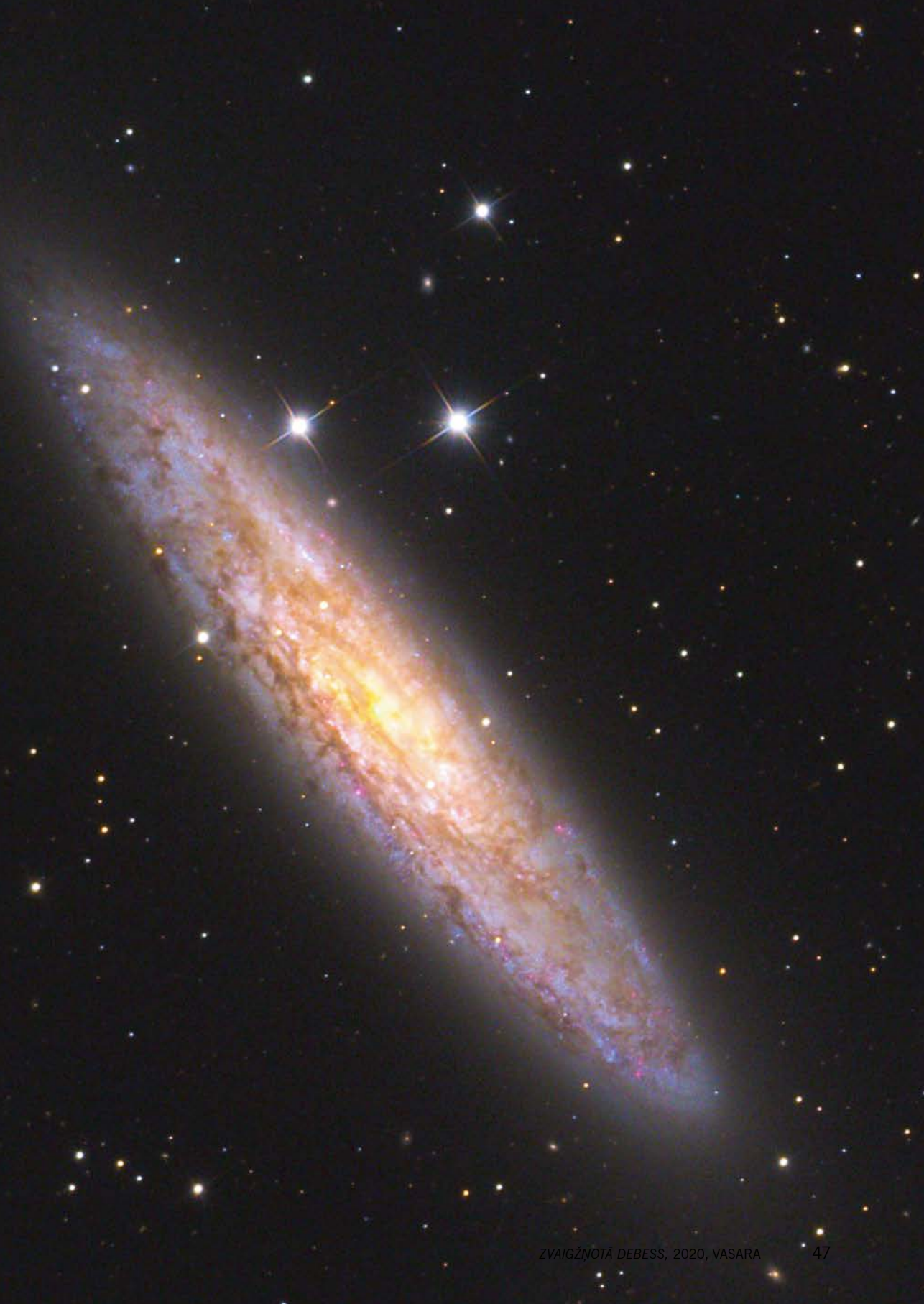
Teides observatorijas kopskats



Dienvidu debess sudraba monēta

Skulptora galaktiku NGC 253, kas atrodas Skulptora zvaigznājā, reizēm sauc par sudraba monētu, jo tā atgādina ieslīpi no sāniem skatāmu plānu disku. Tā ir spirālveida galaktika, kurā notiek aktīva zvaigžņu veidošanās. Galaktika ir spožākais elements Skulptora galaktiku grupā.

Attēls uzņemts 2018. gada 10. septembra naktī Kalahari tuksnesī Namībijā. Izmantots Riči-Kretjēna sistēmas teleskops ar spoguļa diametru 204 mm un fokusa attālumu 1624 mm, kas nostiprināts uz ekvatoriālā statīva. Fotoni "tverti" ar dzesētu, monohromu CCD kameru caur 4 dažādiem filtriem. Kopējais ekspozīcijas ilgums 3,5 stundas. Datu apstrāde: *PixInsight*.



Kas notiek ar BETELGEIZI?

SĀKOT AR 2019. GADA RUDENI, DAŽU MĒNEŠU LAIKĀ SPOŽĀ ZVAIGZNE BETELGEIZE SAMAZINĀJA SPOŽUMU 2,5 REIZES. IZSKANĒJA VERSIJA, KA ZVAIGZNE GATAVOJAS PĀRNOVAS SPRĀDZIENAM

NEGAIĀTS SPOŽUMA KRITUMS

No 2019. gada oktobra līdz 2020. gada februārim Oriona zvaigznāja spožā zvaigzne Betelgeize samazināja savu spožumu no $0^m,6$ līdz $1^m,6$, tas nozīmē, ka spožums samazinājās 2,5 reizes. Saprota, ka pasaules astronomi pievērsa Betelgeizei pastiprinātu uzmanību, tikai veikti daudzi novērojumi un izdarīti pieņēmumi par spožuma

samazināšanās cēloni. Medijos plaši apsprieda pieņēmumu, ka zvaigzne tuvākajā laikā uzsprāgs kā pārnova.

Tas, ka Betelgeize ir pusregulāra mainīgzvaigzne, zināms sen. Spožuma maiņu jau 1836. gadā ievēroja astronoma Viljama Heršela dēls, arī astronoms, Džons Heršels. Parasti Betelgeizes spožuma izmaiņas ir nelielas, apusi zvaigžņlieluma. No agrākajiem

novērojumiem bija zināms, ka zvaigznes spožums ir mainījies robežās no $0^m,0$ līdz $+1^m,3$. Spožuma izmaiņu galvenā perioda ilgums ir apmēram 400 dienas, un tā iemesls ir zvaigznes pulsācijas. Betelgeizes ārējos slāņos pieaug necaurspīdīgums, zvaigzne sakarst, izplešas, un tās spožums pieaug. Izplešanās procesā zvaigzne iziet cauri līdzsvara stāvoklim, ārējie



Betelgeize (dzeltenā zvaigzne augšā) 2012. gada 22. februārī un 2020. gada 21. februārī. Spožuma samazināšanās ir acīmredzama

slāņi atdziest, zvaigzne saraujas, un tās spožums samazinās. Tā tas turpinās. Ir zvaigznes, kam pulsācijas notiek regulāri, Betelgeizes pulsācijas ir samērā neregulāras.

Otrs, garāks Betelgeizes spožuma maiņas periods ir nepilni 6 gadi. Šīs izmaiņas nav saistītas ar pulsācijām, un to iemesls nav skaidrs. Iespējams, ka tās rada lielas konvekcijas šūnas, kurās notiek zvaigznes ārējo slāņu vielas cirkulācija (sk. zīmējumu uz žurnāla 1. vāka). Katra konvekcijas šūna izstaro 5–10 procentus zvaigznes gaismas, un šūnas spožums laika gaitā var mainīties. Vai 2019. gada rudenī un ziemā bija novērojams dziļāks spožuma maiņas pamata cikls kombinācijā ar sekundāro?

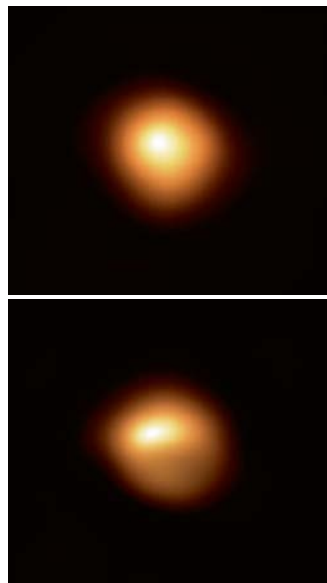
Tomēr šķiet, ka negaidītās spožuma maiņas cēlonis bija ārējs. No 2020. gada 17. februāra desmit dienas Betelgeizes spožums bija minimāls, bet tad atkal sāka palielināties, līdz 2020. gada aprīlī zvaigzne

atguva savu “normālo” spožumu. Turklāt infrasarkanajā diapazonā visas epizodes laikā zvaigznes spožums gandrīz nemainījās. Tas lika astronomiem domāt, ka Betelgeizi aizsedza ap zvaigzni riņķojošs putekļu mākonis, kas bloķēja gaismu, bet laida cauri infrasarkano starojumu. Šis skaidrojums arī izslēdz iespēju, ka Betelgeize tuvākajā nākotnē uzsprāgs kā pārnova.

BETELGEIZE TUVPLĀNĀ

Betelgeize ir viena no lielākajām zināmajām zvaigznēm, sarkanais pārmilzis. Tās rādiuss ir gandrīz 1000 reižu lielāks nekā Saulei. Ja Betelgeizi novietotu Saules vietā, tā stieptos līdz Jupitera orbītai. Zvaigznes vidējā temperatūra ir aptuveni 3600 K, tā pieder pie sarkano zvaigžņu M1 – M2 spektra klases. Betelgeize ļoti lēni griežas, vienu apgriezieni tā veic apmēram 36 gados.

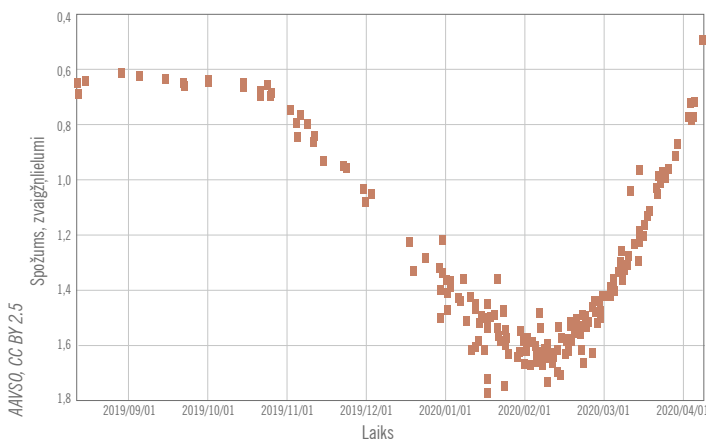
Betelgeize ir arī samērā tuva zvaigzne, 700 gaismas



ESO M. Montargès et al, CC BY 4.0

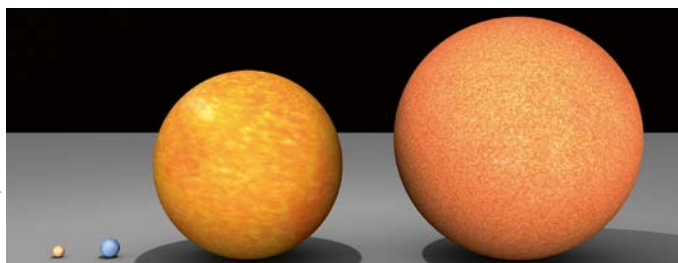
Betelgeizes uzņēmumi ar Ļoti lielo teleskopu 2019. gada janvārī un decembrī. Šķiet, ka apakšējā attēlā zvaigznei tiešām priekšā ir putekļu mākonis

gadi, tāpēc tā bija pirmā zvaigzne, neskaitot Sauli, kam noteica redzamo diska diametru: 42–56 loka milisekundes. Ar pasaules labākajiem teleskopiem, tādiem kā Habla kosmiskais teleskops un ESO VLT, uz zvaigznes diska iespējams saskatīt dažas detaļas, taču precīzākus mērījumus iegūst ar optiskās interferometrijas metodi. Betelgeizes izmērus ir grūti noteikt vairāku iemeslu dēļ. Pirmkārt, zvaigzne pulsē, un tās redzamais diametrs mainās. Otrkārt, diska mala ir daudz tumšāka nekā vidus, tāpēc grūti fiksēt, kur atrodas diska mala. Treškārt, zvaigzni apņem neregulāras formas apvalks, un grūti saprast, kur beidzas zvaigzne un kur sākas apvalks.

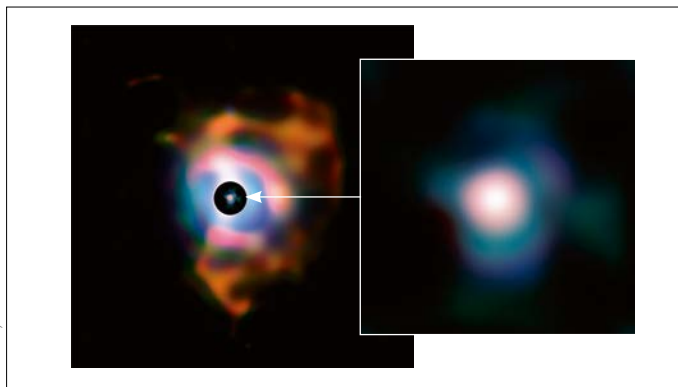


Betelgeizes spožuma maiņa no 2019. gada septembra līdz 2020. gada martam





No kreisās uz labo: milzu zvaigznes Aldebarans, Rigels, Antares, Betelgeize



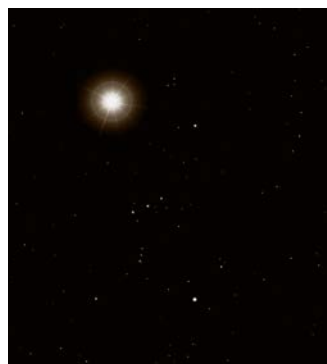
Betelgeizes apvalks (ieکشējais attēls) un miglājs, kas apņēm zvaigzni

KAS GAIDĀMS TURPMĀK?

Betelgeizes masa nav precīzi zināma, tā ir 10–20 Saules masu robežās. Zvaigznes starjauca ir 90 000–150 000 Saules starjauca. Uz masīvām zvaigznēm, kam ir ļoti liela starjauca un kas ļoti strauji tērē savus enerģijas krājumus, attiecas princips: dzīvo ātri, mirsti jauna (angļu *Live fast, die young*). Betelgeizes vecums ir tikai 8–8,5 miljoni gadu, kas zvaigžņu pasaulē ir ļoti maz.

Vēl pirms miljona gadu tā bija karsta O spektra klases zvaigzne, bet tad aizgāja no galvenās secības un apmēram pirms 40 tūkstošiem gadu kļuva par sarkano pārmilzi. Astronomi lēš, ka ne ātrāk kā pēc 100 tūkstošiem gadu vai arī krietni vēlāk, Betelgeize uzsprāgs kā otrā tipa pārnova. Tas nozīmē, ka pēc iekšējā līdzsvara zaudēšanas notiks zvaigznes centrālās daļas gravitācijas kolaps, bet ārējie slāņi tiks nosvieti grandiozā sprādzienā.

Vai pirms sprādziena būs kādi priekšvēstneši? Sarkanā pārmilža evolūcijas stadijā notiek zvaigznes apvalka nosviešana, kas ir novērojama jau tagad. Iespējams, ka neilgi pirms sprādziena process būs intensīvāks. Astronomu rīcībā ir maz ziņu par zvaigžņu īpašībām tieši pirms pārnovas sprādziena, arī sprādzieni mēdz būt atšķirīgi, tāpēc precīza prognoze nav iespējama. Ja Betelgeizes masa ir mazāka par 15 Saules masām, tad sprādziens notiks sarkanā pārmilža stadijā. Ja zvaigznes masa ir lielāka, tā pārvērtīsies par dzeltenu vai zilo pārmilzi. Betelgeize uzliesmos pāris dienu laikā, tās spožums sasniegs -12^m , kas gandrīz atbilst pilnmēness spožumam, un zvaigzne būs redzama dienā. Liels spožums saglabāsies 2–3 mēnešus, tad strauji kritīsies. No Betelgeizes kodola izveidosies neitronu zvaigzne, un sprādzienā izsviestie ārējie slāņi ar lielu ātrumu izpletīsies starpzvaigžņu vidē, radot pārnovas miglāju. 🌟



SPRĀDZIENA LAIKĀ BETELGEIZE BŪS GANDRĪZ TIK SPOŽA KĀ PILNMĒNESS, UN TO VARĒS REDZĒT DIENĀ

Iespējamais Betelgeizes izskats pārnovas uzliesmojuma laikā. Simulācija no datorprogrammas *Celestia*

Lasi, klausies, skaties!

VISS, KO TU GRIBĒJI UZZINĀT PAR ASTRONOMIJU,
BET NEZINĀJI, KUR MEKLĒT

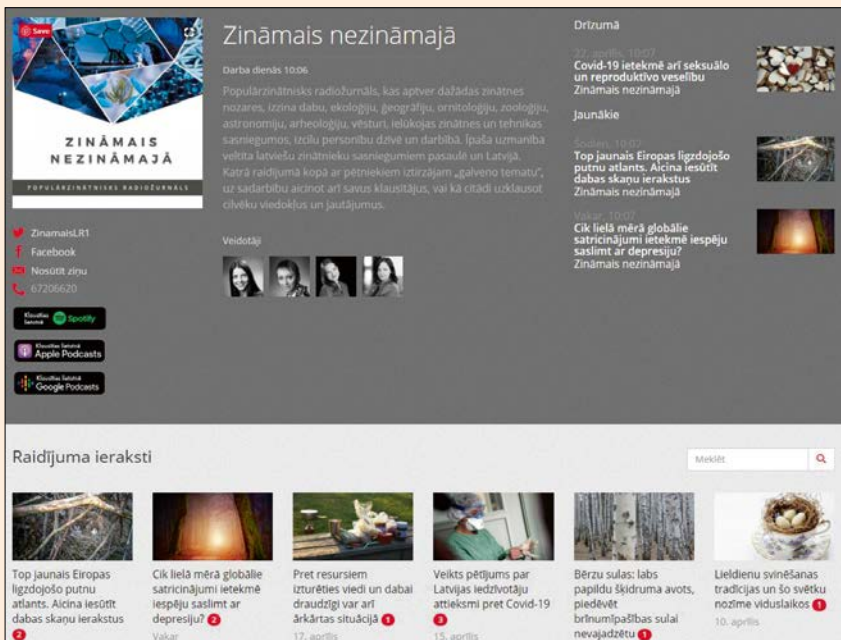
2020. gads vēstures annālēs tiks ierakstīts kā gads, kad cilvēki būtiski mainīja savus paradumus, lai nobremzētu Covid-19 saslimstību pasaulē. Skolās un augstskolās mācības noritēja tiešsaistes režīmā. Daļa kompāniju izveidoja “jaunos birojus”, kuru darbinieki apkalpoja klientus virtuālajā vidē. Neapšaubāmi zuda daļa no ikdienas paradumiem – tikšanās aci pret

aci, bibliotēku apmeklējums un reālo grāmatu lapošana, došanās uz grāmatveikaliem un daudzas citas tik ieras-tas un ikdienišķas nodarbes, kas aizpildīja mūsu laiku.

Ko darīt ar brīvo laiku? Kur to pavadīt, kad nav iespējams iet ciemos pie draugiem, kad nav iespējams doties uz līdzīgi domājošo sanāksnām, uz bibliotēkām, kafejnīcām, teātriem un citām tikšanās

vietām? Uz kurām interneta ārēm ceļot tiem, kas interesējas par astronomiju un zināt-ni? Kur atrast līdzīgi domā-jošos? Kur uzdot jautājumus un meklēt informāciju?

Mūsdienās noteikti jāsāk ar sociālajiem tīkliem, kur sa-līdzinoši ātri iespējams saņemt atbildi uz interesējošiem un aktuāliem jautājumiem. Piemēram, ja esat debesis novērojuši (ideālā variantā



Zināmais nezināmajā

Diarba dienās 10:00

Populārzinātnisks radiožurnāls, kas aptver dažādas zinātnes nozares, izzina dabu, ekoloģiju, ģeogrāfiju, ornitoloģiju, zooloģiju, astronomiju, arheoloģiju, vēsturi, ielūkojas zinātnes un tehnikas sasniegumos, izcilu personību dzīvē un darbībā. Ipaša uzmanība veltīta latviešu zinātnieku sasniegumiem pasaulē un Latvijā. Katrā raidījumā kopā ar pētniekiem iztirzājam „galveno tēmu”, uz sarīdību aicinot arī šāpus klausītājus, vai kā citādi uzklausat cilvēku viedokļus un jautājumus.

Drīzumā

Covid-19 ietekmē arī seksuālo un reproduktīvo veselību
Zināmais nezināmajā

Jaunākie

Top jaunais Eiropas ligzdojošo putnu atlants. Aicina iesūtīt dabas skaņu ierakstus
Zināmais nezināmajā

Vakar, 10:00

Cik lielā mērā globālie satricinājumi ietekmē iespēju saslimt ar depresiju?
Zināmais nezināmajā

Veidotāji

Raidījuma ieraksti

Top jaunais Eiropas ligzdojošo putnu atlants. Aicina iesūtīt dabas skaņu ierakstus
Vakar

Cik lielā mērā globālie satricinājumi ietekmē iespēju saslimt ar depresiju?
17. aprīlis

Pret resursiem izstrādātie viedā draudzīgi var arī ārkārtas situācijā
15. aprīlis

Veikts pētījums par Latvijas iedzīvotāju attieksmi pret Covid-19
15. aprīlis

Bērzu sulas: labs papildu šķidrums avots, piedēvēt brīnumpalīdzības sulai nevajadzētu
10. aprīlis

Lieldienu svītšanās tradīcijas un šo svētku nozīme viduslaikos
10. aprīlis



nofotografējuši vai nofilmējuši) neparastu parādību un ja esat *Twitter* lietotājs, meklējiet **Ilgoni Vilku** (@astrovilks) vai **StarSpace observatoriju** (@StarSpaceLV). Savukārt **Raitis Misa** (@RaitisMisa) pratis atbildēt uz jautājumiem, kas saistīti ar kosmiskajiem aparātiem, to startiem un dažādām tehniskām niansēm.

Viņi nereti dzirdami arī *Latvijas Radio* raidījumā **Zināmais nezināmajā**, kas noteikti ir viens no lieliskākajiem zināšanu avotiem. Raidījuma arhīvā (<https://lr1.lsm.lv/lv/lr1/raidijumi/zinamais-nezinamaja/>) ikviens var atrast sevi interesējošās tēmas, kas aptver patiesi plašu nozaru spektru, tostarp kosmosa izpēti un apguvi.

Ja jūsu intereses neaprobežojas tikai ar kosmosu, bet vēlaties izprast arī citas

nozares, tad ir vērts pievienoties *Facebook* un sekot **Jauno zinātnieku apvienībai** (@latvijasjaunozinatniekuapvieniba), kas regulāri informē par jaunumiem Latvijas zinātnē un rīko tiešsaistes (un ne tikai) pasākumus un tikšanās ar Latvijas zinātniekiem.

Facebook varat sekot arī **Latvijas Universitātes Astronomijas institūtam**, lai laikus uzzinātu, kas notiek profesionālās astronomijas jomā Latvijā. LU Astronomijas institūta kontā atradīsiet arī informāciju par Lāzerlokācijas stacijas darbību. **Ventspils Starptautiskais radio-astronomijas centrs** (@virac.irbene) ir vēl viens *Facebook* resurss, kam sekot, lai būtu lietas kursā gan par to, kas notiek Latvijā radioastronomijas jomā, gan par iespējām paviesoties observatorijā klātienē.

Facebook atradīsiet arī abas privātās publikas pieejamās observatorijas. **Lielzeltiņu observatorijas** (@deepskyseeing.site) kontā regulāri tiek publicētas lieliskas astrofotogrāfijas, kas tapušas, izmantojot šīs observatorijas tehniku. **StarSpace observatorija** (@StarSpaceLV) atbild uz jautājumiem, publicē informāciju



Nacionālais enciklopēdija

Meklēt enciklopēdijā

Par enciklopēdiju

Aizskatīts 2019. gada 13. septembrī
Igoris Vilks

astronomija

(grieķu *ἀστρον*, astron "zvaigzne" + *νόμος*, nomos "likums"; angļu *astronomy*, vācu *Astronomie*, franču *astronomie*, krievu *астрономия*)

dabaszinātne, kas pēta Visumu, tajā esošo debess ķermeņu īpašības, uzbūvi, izvietojumu, kustību un attīstību, kā arī parādības, kas norisinās ārpus Zemes atmosfēras

Kopsavilkums

Teorētiskā un praktiskā nozīme

Vieta zinātnes klasifikācijā

Galvenie saistītie elementi

Galvenās teorijas un pamatjēdzieni

Pētīšanas metodes

Īsa vēsture

Pašreizējās attīstības stāvoklis

Vadošās pētīšanas iestādes

Nozīmīgākie periodiskie izdevumi

Ievērojamākie pētnieki

Multivide: 20

Saistītie šķirņi

Tīmekļa vietnes

Ieteicama literatūra

Informācijas iegūšanai par Visumu galvenokārt izmanto teleskopus, kas uztver debess ķermeņu elektromagnētisko starojumu. Analizējot starojumu, nosaka attālumu līdz debess ķermeņiem un to fizikālās īpašības: temperatūru, ķīmisko sastāvu, kustības ātrumu, rotāciju. Esiestoties uz iegūtajiem faktiem un dabas likumiem, izdara secinājumus par debess ķermeņu izvietojumu, savstarpējo fizikālo saistību, izskatījumu hierarhiskās sistēmās, kā arī izsaka prognozes par debess ķermeņu attīstību laikā. Faktus un secinājumus apkopo galvenajās astronomijas teorijās.

Astronomiju nedrīkst jaukt ar astroloģiju. Lai gan šim cilvēku darbības jomām ir kopīgas vēsturiskas saknes, mūsdienās tās ir pilnīgi nošķirtas. Atšķirībā no astroloģijas, astronomijas pētījumi un secinājumi balstās uz zinātnisko metodēm.

Teorētiskā un praktiskā nozīme


Astronomijas atklājumiem ir liela nozīme pasaules uzbūves izpratnē. Balstoties uz astronomijas sasniegumiem, veidojamākie kosmoloģi izdara filozofiskus vispārīgājumus par pasaules uzbūrojumu. Piemēram, ir izstrādāta ideja, ka mūsu Visums nav vienīgais, bet eksistē daudzi Visumi jeb: Multivisums.

Astronomija pamatā ir fundamentāla zinātne, kas padziļina izpratni par pasaules uzbūvi un tās

Saistītie šķirņi
astronomija Latvijā

Nozāres un apakšnozāres astronomija

kosmosa izpēte
novērojumu astronomija
planētoloģija



Habla kosmosa teleskops 2011. gadā.
Avots: European Space Agency.

par debesis novērojamām parādībām, popularizē Latvijas astrofotogrāfu veikumu.

Ja neesat sociālo tīklu piekritējs, bet vēlaties papildināt zināšanas par astronomiju un saistītām jomām, rekomendējam **LU Open Minded** platformā publicēto Ilgoņa Vilka 12 lekciju kursu *Visuma noslēpumus šķetinot*. (<https://openminded.lv/index.php/ilgonis-vilks-visuma-noslepumus-sketinot/>). Katras lekcijas laikā apgūto zināšanu klāstu iespējams papildināt, izlasot norādītos materiālus.

Ja esat iesācējs astronomijā un vēlaties sākt apgūt plašo Visumu no pašiem pamatiem, labs resurss būs vietnē *ieskaties.lv* atrodamais fakto materiāls **Astronomija A-Z** (<https://www.ieskaties.lv/astronomija-a-z>). Līdzīgs resurss, kas vēl ir tapšanas stadijā, atrodams Ventpils Starptautiskā radioastronomijas centra vietnē sadaļā

Astronomija interesentiem (<http://virac.eu/publica-informacija/astro-nomija-interesentiem/>).

Jaunāka gadagājuma interesentiem varētu būt noderīgi vēl pāris *Facebook* resursi. Viens no tiem ir Tehniskās jaunrades nama *Annas 2* astronomijas pulciņa konts **Astronomija** (@astroAnnas2), kur pieejama informācija gan par pulciņa aktivitātēm, gan dažādi jaunumi astronomijā. Uz **Jauniešu astronomijas kluba** (@astroklubs) sanāksmēm (arī virtuālajām) tiek aicināti jebkura vecuma jaunieši.

Nevar nepieminēt vēl vienu, pavisam jaunu resursu, kas atrodams tīmeklī – **Nacionālo enciklopēdiju**, kur atrodami šķirklī "astronomija" (<https://enciklopedija.lv/skirklis/941-astronomija>) un "astronomija Latvijā" (<https://enciklopedija.lv/skirklis/5140-astronomi>

ja-Latvija%81). Šie šķirklī piedāvā daudz saistīto resursu, kas papildina publicēto informāciju.

Tiem, kas vēlas sekot līdzi kosmosa izpētes un apguves jaunumiem latviešu valodā, noderēs **TVNET portāla** sadaļa *Kosmoss* (<https://www.tvnet.lv/section/4292>), kas atrodama sadaļā *Zinātne*. Dažādu informāciju, kas saistīta ar astronomiju, var atrast arī **portālā StarSpace** (<http://www.starspace.lv/lv/>).

Protams, tie nav visi resursi latviešu valodā, kur var smelties zināšanas par Visuma izpēti un kosmosa apguves tehnoloģijām. *Google* iespējams atrast ļoti plašu latviešu valodā publicētās informācijas apjomu par kosmosa izpēti un apguvi. Tomēr vienmēr patūriet prātā, ka jebkuri dati ir jāpārbauda. Tālāk izplatiet tikai drošu, pārbaudītu un patiesu informāciju! 🦋



Mārtiņš Gilis

Edgars Bervalds 2006. gadā

“DIVREIZ LĪDZŠINĒJĀ
DZĪVĒ MAN VĀRDA
TIEŠĀ NOZĪMĒ
TRĪCĒJUŠAS KĀJAS.(..) OTRĀ REIZE BIJA (..) 1993. GADA BEIGĀS, KAD PIRMOREIZ UZKĀPU VENTSPILS 32 METRU ANTENAS VISAUGSTĀKAJĀ PUNKTĀ.”

EDGARS BERVALDS

Radioteleskopu antenām veltīts mūžs. EDGARS BERVALDS (1936–2019)

Edgars Bervalds Latvijas astronomijas vēsturē iegājis ne vien kā viens no mūsu pirmajiem radioteleskopu antenu konstruktoriem, bet arī kā cilvēks, ar kura pūlēm bijušais Krievijas armijas izlūkošanas komplekss pārtapa radioteleskopā, viņš arī bija Ventpils Starptautiskā

radioastronomijas centra pirmais direktors.

Edgars Bervalds dzimis 1936. gada 13. septembrī Mērsraga ciemā zvejnieka ģimenē. Mācījies Dzedru septiņgadīgajā skolā. Ar skolas gaitu sākumu saistītā pirmā kāju trīcēšanas reize. Edgars Bervalds raksta: “Vēl šodien nevaru pateikt, kas toreiz radīja šo

milzīgo satraukumu, bet pieļāuju, ka tā bija paša mazā cilvēka mazvērtības sajūta un bijība gan pret visu lielās dzīves nezināmo kopumā, gan pret tiem (tātad Skolotājiem), kuri visu zinot, gan pret vietu (tātad Skolu), kur arī man būs kaut kas no visa tā jāuzzina.”

1955. gadā Edgars Bervalds pabeidza Talsu vidusskolu un

iestājās Rīgas Politehniskā institūta Celtniecības fakultātē, kuru absolvēja 1960. gadā rūpniecības un civilās celtniecības specialitātē. Pēc metālkonstruciju kursa pasniedzēja, Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas prezidenta

Aleksandra Mālmeistera ierosmes, un arī saderējis ar kursabiedru, Edgars Bervalds uzņēmās kā diplomdarbu izstrādāt lielas radioteleskopa antenas paraboliskā spoguļa karkasa tehnisko projektu.

Diplomdarba izpildes galvenā problēma bija informācijas trūkums par lielu radioteleskopu konstruciju. Edgaram Bervaldam gan izdevās sadabūt īsu informāciju par topošo Džodrelbenkas 76 metru radioteleskopu un tā attēlu. Viņš raksta: "Diplomprojekta izstrādē tādos apstākļos šūpojās kā viņš un vismaz pāris reižu bija tuvu nogrimšanai. (...) Kā daļēju papildinājumu šādas oriģinālas, telpiskas, aptuveni 100 × 25 × 10 metru izmēra režģotas un telpā grozāmas stieņu sistēmas zīmējumu komplektam pēdējā

PĒDĒJĀ BRĪDĪ TAPUŠAIS RADIOTELESKOPA KONSTRUKCIJAS STIEPĻU MAKETS IZRĀDĪJĀS LABS DIPLOMDARBA "GLĀBŠANAS RIŅĶIS"

brīdī attapos pievienot no stieplēm izgatavotu maketu. Iespējams, tik tiešām šis vairākās dienās un naktīs tapušais "glābšanas riņķis" veicināja komisijas vairākuma izšķiršanos novērtēt viduvēju sekmi studenta īpatnējo diplomdarbu ar atzīmi "teicami"!"

Uzreiz turpināt darbu pie radioteleskopiem neizdevās, sadales komisija jauno celtnieku norīkoja strādāt Baltijas dzelzceļa Celtniecības trestā un būvēt dzīvojamās mājas un citas ēkas Jelgavā, Ventspilī un Daugavpilī. 1962. gada septembrī viņu uzmeklēja Jānis Ikaunieks un uzaicināja projektēt un būvēt Baldones Riekstukalna observatoriju. 1963. gada martā Edgars Bervalds tika ievēlēts par galveno inženieri

Astrofizikas laboratorijā (vēlāk Radioastrofizikas observatorija). Viņš vadīja vai bija iesaistīts Observatorijas zinātnisko un komunālo būvju (Šmita teleskopa paviljona, 55 cm dubultteleskopa paviljona, administratīvās ēkas u. c.) projektēšanā un celtniecībā.

Edgara Bervalda vadībā tika izstrādāti un izgatavoti teleskopu paviljonu stiklplastas kupoli, kas bija vienkārši, viegli ekspluatējami un arī lēti. Pirmos divus kupolus uzstādīja 55 cm dubultteleskopa paviljonam Baldones Riekstukalnā, pēc tam šādus 6,5 metru diametra kupolus pasūtīja arī Molētu observatorija Lietuvā un Krimas Astrofizikas observatorija. Tos izgatavojāja Radioastrofizikas observatorijas eksperimentālajā darbnīcā.

Ņemot vērā Edgara Bervalda speciālo sagatavotību inženierkonstruciju slodžu un stiprības aprēķinos, observatorijas direktors Jānis Ikaunieks ieteica viņam pievērsties radioteleskopu antenu konstruciju pētījumiem. 1966. gada septembrī Latvijas PSR Zinātņu akadēmija pieņēma lēmumu izveidot observatorijā Speciālo konstruktoru un



Ilgmāra Egliša personīgais arhīvs

Šmita teleskopa būvniecības darbos. Edgars Bervalds ādas jakā kreisajā pusē



Edgars Bervalds pie Šmita teleskopa vadības pulsts 2006. gadā

tehnoloģijas biroju ar uzdevumu izstrādāt 2 x 2 km mainīgas bāzes radiointerferometru no vairākām 30 metru diametra paraboliskām, pilnīgi grozāmām antenām. Par biroja vadītāju iecēla Edgaru Bervaldu.

Viņš atceras: “Pamazām Baldones mežā savācās ne mazums jaunu īpatņu, lai realizētu fanātiskā astronoma Jāņa Ikaunieka ideju – uzbūvēt tādu radioteleskopu, kāda vēl nebija nekur pasaulē, un ieraudzīt Visumā to, ko vēl nebija redzējis neviens. Jānis Ikaunieks toreiz dalīja savus padotos tādos, kurus, viņaprāt, ir vērts lamāt, un tādos, attiecībā uz kuriem nav vērts to darīt.

Pieskaitīdams mani pirmajiem, viņš kārtējā lamāšanas reizē teica apmēram tā: “Nu, kas ir, Bervald, galu galā jūs varat uztaisīt kaut vai vienu 30 m antenu vai nevarat?” Es savā jaunības trakumā atbildēju: “Protams, ka varu!”

Ar izvirzīto uzdevumu konstruktoru birojs tika galā četros gados. 1970. gadā radiointerferometra projekts ieguva augstu PSRS Zinātņu akadēmijas Radioastronomijas padomes ekspertu komisijas novērtējumu. Diemžēl pirms tam, 1969. gada aprīlī, nomira galvenais idejas “motors” un Baldones Radioastrofizikas observatorijas attīstības

virzītājs Jānis Ikaunieks. Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas vadība atteicās no projekta augsto izmaksu un līdzekļu trūkuma dēļ.

Pēc tam Edgars Bervalds atkal kļuva par observatorijas galveno inženieri. Nerealizētā radiointerferometra projekta izstrādes gaitā viņš noformulēja savas zinātniskās intereses. Pilnīgi grozāmu spoļantenu nesošo konstrukciju izvēle un to optimizācija pakāpeniski izauga par viņa disertācijas darbu. Par disertācijas izstrādes laikā iegūtajiem rezultātiem Edgars Bervalds publicēja

piecus zinātniskus darbus un vairākas reizes uzstājās konferencēs Padomju Savienībā. 1980. gada 4. novembrī, nu jau būdams observatorijas Automatizācijas un tehniskā nodrošinājuma daļas vadītājs, Edgars Bervalds Ļeņingradas Inženierceltniecības institūta Zinātniskās padomes sēdē aizstāvēja disertāciju *Pētījumi par pilnīgi grozāmu parabolisko antenu spoļu nesošo karkasu optimālo shēmu izveidošanu* un ieguva tehnisko zinātņu kandidāta grādu. 1992. gadā Latvijā viņš tika nostrificēts par inženierzinātņu doktoru (*Dr. ing.*).

Zinātniskais darbs turpinājās, 1990. gadā Edgars Bervalds sadarbībā ar Viktoru Poļaku publicēja monogrāfiju *Прецизионные конструкции зеркальных радиотелескопов (Spoļu radioteleskopu precīzijas konstrukcijas)*. Likteņa ironija ir tā, ka Viktors Poļaks bija

KAS IR, BERVALD, JŪS VARAT UZTAISĪT VIENU 30 METRU RADIOANTENU VAI NEVARAT? PROTAMS, KA VARU!

viens no galvenajiem Irbenes 32 metru radioantenas konstruktoriem, taču padomju laikā viņš to nedrīkstēja stāstīt. Iepriekšējo gadu zinātniskos darbus Edgars Bervalds apkopoja zinātņu doktora disertācijā *Pilnīgi virzāmu spoģuļantenu karkasu kā deformējamu cietu, diskrētu ķermeņu sintēzes princips un teorija*, kas 1991. gadā tika iesniegta Rīgas Politehniskajā institūtā. Diemžēl politisko un izglītības sistēmas pārmaiņu dēļ disertācija palika neaizstāvēta. Tomēr šis darbs guva labu speciālistu novērtējumu. 2000. gadā Edgaru Bervaldu ievēlēja par Latvijas Zinātņu akadēmijas korespondētājlocekli.

Deviņdesmito gadu sākumā Edgara Bervalda dzīvē notika krass pavērsiens. Pēc Latvijas neatkarības atgūšanas kļuva zināms, ka Irbenē netālu no Ventspils darbojas Krievijas armijas radioizlūkošanas komplekss *Zvaigznīte*. Kad Krievijas armija gatavojās atstāt Latviju, to bija paredzēts uzspriecināt. Latvijas zinātnieki izveidoja objekta "glābšanas grupu", kurā aktīvi darbojās arī Edgars Bervalds. Tās mērķis bija saglabāt 32 un 16 metru radioantenas un pārveidot tās par radioteleskopiem. Tieši Edgars Bervalds bija viens no tiem diviem Latvijas pārstāvjiem, kas 1994. gada 22. jūlijā pārņēma kompleksu no Krievijas armijas virsniekiem. Tas tika izdarīts pēdējā brīdī, jo tuvumā jau atradās gatavībā metāla vācēji ar

autogēniem, kravas automašīnām, ceļamkrāniem un pat pārvietojamo elektrostaciju.

Edgars Bervalds veica kompleksa apsaimniekošanu, apsardzi organizēja astronoms Juris Žagars. 1995. gada 19. septembrī Latvijas Zinātņu akadēmija pieņēma lēmumu par SIA *Ventspils Starptautiskais radioastronomijas centrs (VSRC)* dibināšanu. Tā vadību un turpmāko organizāciju uzņēmas Edgars Bervalds. 1996. gada 24. aprīlī centrs tika oficiāli izveidots, un Edgars Bervalds kļuva par tā direktoru un Zinātniskās padomes vadītāju. Jau 1994. gadā bija sācies grūts darbs pie antenu atjaunošanas, kurā iesaistījās daudzi cilvēki, jo antenu motori, kabeli un vadības iekārtas bija apzināti sabojāti.

1997. gada 9. jūnijā 32 metru antena "piedzima" kā radioteleskops, jo ar to

pirmo reizi novēroja Saules radiostarojumu. Pakāpeniski sākās eksperimentāli zinātniskie novērojumi. 2004. gada 16. decembrī VSRC iekļuva Ventspils Augstskolā kā zinātnisku institūtu. 2005. gadā Edgars Bervalds atstāja direktora posteni, un tā paša gada novembrī par VSRC vadītāju kļuva Juris Žagars. Edgars Bervalds turpināja zinātnisko darbu par radioantenu konstrukcijām, to arvien vairāk vispārinot. Viņš interesējās par zelta griezuma proporcijas 1:1,618 izpausmēm dabā un mehāniskās konstrukcijās. 2003.–2010. gadā publicējis vairākus zinātniskus rakstus.

Atgriezīsimies pie kāju trīcēšanas. Edgars Bervalds stāsta: "Otrā reize bija 1993. gada beigās, kad pirmoreiz uzkāpu Ventspils 32 m antenas visaugstākajā punktā un ieraudzīju no tā jūru. Lai cik dīvaini



Pie radioteleskopa RT-32. No kreisās: Juris Žagars, Edgars Bervalds un Leonīds Gurvics (*Joint Institute for VLBI ERIC*).

Valda Alvotina personīgais arhīvs

tas būtu, arī šoreiz vienkāršāk ir uzskaitīt apstākļus, kas nevarētu būt šīs drebešanas iemesli, nekā pateikt tās īsto cēloni. Tā vairs nebija akla bijība pret nezināmo, kura izziņāšanai arī radīta antena. Lai gan arī nezināmā apjomi ne cik būtiski nevar samazināties kādos nieka sešdesmit gados viena cilvēka mūžā, tomēr tie vismaz ir pārvietojušies no zemapaizņas uz apziņas līmeni. Arī bailes no augstuma ne, jo izkāpelēti ne tikai augstāki un zemāki koki, jumti un kalni, bet arī vēl lielāka izmēra šādas antenas bijušajā varen plašajā valstī. Noteikti sava daļa "vainas" par šo manī izraisīto emocionālo stāvokli jāuzņemas jūrai, manis barotājai vismaz pirmajos divdesmit dzīves gados. Vēl vairāk, mani līdz šim nekas nav tā vilinājis ar savu varenumu un noslēpumainību kā bangojoša jūra, vienalga, vērojot to no krasta vai atrodoties mazā zvejnieku laivelē tās viļņos.

ZVAIGŽNOTĀ DEBESS MANI IEINTERESĒJA TAD, KAD UZZINĀJU, KA TĀ NEBŪT NAV TĀDA, KĀ IZSKATĀS. IZRĀDĀS, MILZĪGAJOS VISUMA PLAŠUMOS TĀPAT VISS BANGO UN VĀRĀS, APVIENOJAS UN ŠĶIRAS, DZIMST UN MIRST

Arī zvaigžnotā debess ne. Starp citu, pēdējā mani ieinteresēja tikai tad, kad uzzināju, ka viņa nebūt nav tāda, kā izskatās. Izrādās, milzīgajos Visuma plašumos tāpat viss bango un vārās, apvienojas un šķiras, dzimst un mirst. Nomira Jānis Ikaunieks, sagrieza gabalos un nodeva lūžņos jau izgatavotās un daļēji samontētās antenas konstrukcijas. Solījums palika neizpildīts, toreiz likās – uz visiem laikiem. Un tajā 1993. gada nogales dienā, atrodoties Ventspils 32 m antenas galvenajā fokusā, pēkšņi

uzplaiksnīja atziņa – šo solījumu ir iespējams izpildīt. Tiesa, nedaudz piemelojot, jo, lai arī vēlāk piedalījies šāda tipa nākamās paaudzes antenu aprēķinos, pie šīs antenas radīšanas pirkstu nebiju pielicis. Bet tikpat skaidrs jau toreiz bija arī tas, ka šīs antenas saglabāšanas un darbības atjaunošanas sagaidāmo grūtību pakāpe ir pilnīgi samērojama ar jaunas antenas uzbūvēšanas grūtībām. Secinājums – ja tas tomēr izdotos, Jānis Ikaunieks varbūt turpinātu mani uzskatīt par tādu, kuru vērts lamāt.”

Kā zināms, tas izdevās. Pateicoties Edgara Bervalda un daudzu citu cilvēku pūlēm, radioteleskops RT-32 aktīvi un pilnvērtīgi funkcionē.

Edgars Bervalds miris 2019. gada 29. maijā. Viņu izvadīja dzimtajā pusē, Talsu novada Krievragciemā. 🌿

Raksta sagatavošanā izmantotas publikācijas no žurnāla *Zvaigžnotā Debess* (1981./1982. g. Ziemā, 53.–57. lpp.; 1996. g. Vasara, 20.–23. lpp.) un ziņas no grāmatas *Ventspils Augstskolas Inženierzinātņu institūtam VSRC 20*, Ventspils Augstskola, 2015.



Valda Avotina personīgais arhīvs

Edgars Bervalds Ventspils Starptautiskā radioastronomijas centra jubilejas pasākumā 2015. gadā, kad tika prezentēta RT-32 atjaunotā antena

Ātrai uzzīnai par SAULI un MĒNESI

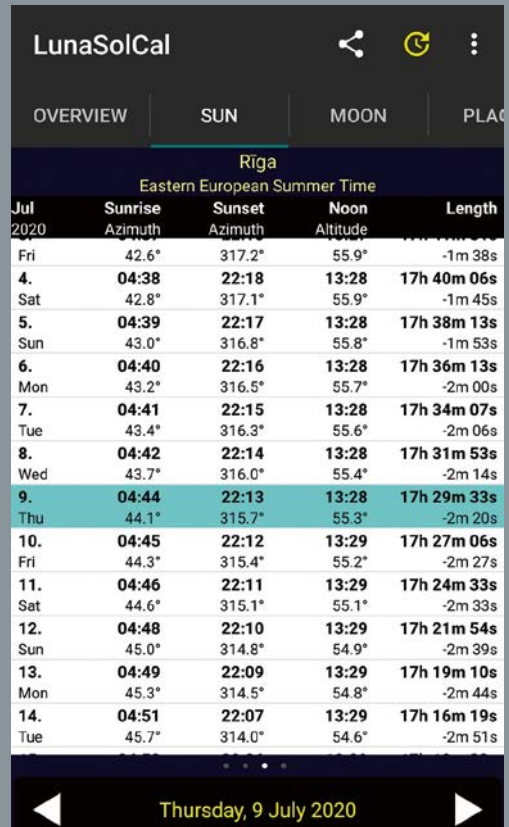
Latvijā mēs dzīvojam tādos platuma grādos, kur diennakts garums dažu mēnešu laikā diezgan būtiski mainās. Tāpēc bieži ir aktuāls jautājums, cikos tad lec vai riet Saule konkrētajā vietā. Tāpat diezgan ikdienišķa vajadzība ir noskaidrot novērojamo Mēness fāzi. To palīdzēs noskaidrot mobilā lietotne *LunaSolCal*.

Tā saraksta veidā parāda izvēlētajam datumam un dažas dienas pirms un pēc šā datuma saullēkta un saulrieta laiku un azimutu, Mēness lēkta un rieta laiku un azimutu, kā arī diennakts garumu, pusdienlaika momentu, Mēness fāzes. Papildus varam uzzināt Saules vai Mēness azimutu un augstumu konkrētā laikā. Iepriekšminētos azimutus

ir iespējams apskatīt arī grafiskā formā uz kartes. Tas parer interesantas iespējas plānot novērojumus vai fotogrāfiju kompozīciju. Piemēram, var prognozēt, kad un no kurienes Mēness būs redzams blakus kādam uzkalnam, tiltam vai ēkai. *LunaSolCal* lietotne pieejama *Android* (bez maksas) un *iOS* (par maksu) operētājsistēmām.



Kartē fotogrāfs var atrast laiku un vietu, no kuras 8. aprīlī iespējams nofotografēt pilnmēnesi 2,5° augstumā blakus Rīgas Svētā Pētera baznīcai



Saules datu tabula

DEBESS SPĪDEKLĪ 2020. gada vasarā



Zvaigžņotās debess izskats dienvidu pusē 20. jūlija vakarā plkst. 24:00 un 20. augusta vakarā plkst. 22:00

Vasaras saulgrieži un astronomiskās vasaras sākums 2020. gadā būs 21. jūnijā plkst. 0^h44^m, kad Saule ieies Vēža zodiaka zīmē (♋). Tātad patiesā Jāņu

nakts šogad būs no 20. uz 21. jūniju.

4. jūlijā plkst. 15^h Zeme atradīsies vistālāk no Saules (afēlijā). Tad attālums būs 1,017 astronomiskās vienības.

Rudens ekvinokcija un astronomiskās vasaras beigās būs 22. septembrī plkst. 16^h31^m. 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 runa. Tad orientēties var pēc dažām spožākajām zvaigznēm – Vegas (Liras α), Deneba (Gulbja α) un Altaira (Ērgļa α), kuras veido tā saukto vasaras trijstūri. Vēl vairākas spožas zvaigznes ir Skorpiona zvaigznājā, bet tas mūsu platuma grādos ir grūti novērojams, jo pat kulminācijā ir ļoti zemu pie horizonta.

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

Interesanta dabas parādība vasaras naktīs ir sudrabainie mākoņi. Ziemeļu pusē, krāsas segmenta zonā, šad tad var redzēt gaišas svītras, joslas, viļņus, virpuļus. Tie tad arī ir paši augstākie (80–85 km) un caurspīdīgākie no atmosfēras mākoņiem – sudrabainie mākoņi.

Jūlija beigās un augusta pirmā pusē ir ļoti piemērota meteoru novērošanai. Tad pavisam neilgā

laikā var cerēt ieraudzīt kādu no "krītošajām zvaigznēm".

PLANĒTAS

1. jūlijā **Merkurs** atradīsies apakšējā konjunktijā ar Sauli (starp Zemi un to). Tāpēc arī jūnija beigās un jūlija pirmajā pusē tas nebūs redzams. Tomēr jau 22. jūlijā Merkurs nonāks maksimālajā rietumu elongācijā (20°). Tāpēc jūlija beigās Merkurs būs novērojams rītos, neilgu laiku pirms Saules lēkta, zemu pie horizonta austrumu pusē. 17. augustā Merkurs atradīsies augšējā konjunktijā ar Sauli (aiztās). Tāpēc augustā tas nebūs redzams. Vasaras beigās Merkuram būs liela austrumu elongācija, tomēr tas tik un tā nebūs novērojams – rietēs gandrīz reizē ar Sauli. 22. jūnijā plkst. 10^h Mēness paies garām 3° uz augšu, 19. jūlijā plkst. 7^h 3° uz augšu, 19. augustā plkst. 8^h 2° uz augšu un 19. septembrī plkst. 5^h 5° uz augšu no Merkura.

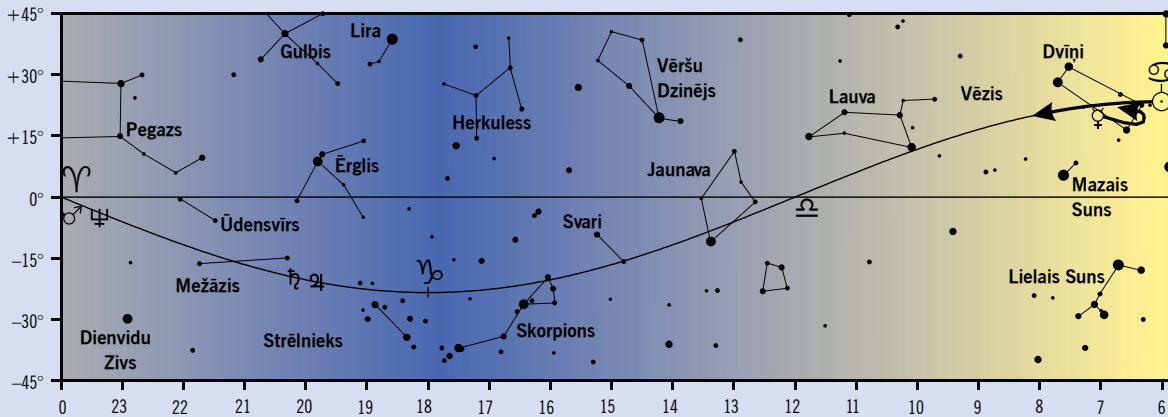
Pašā vasaras sākumā **Veneras** novērošana būs apgrūtināta, jo tās rietumu elongācija būs neliela un naktis gaišas. Tomēr tās redzamības apstākļi strauji uzlabosies, un jau ap jūlija vidu Venera kļūs ļoti novērojama rītos, neilgi pirms Saules lēkta, debess ziemeļaustrumu, austrumu pusē. Tās redzamais spožums sasnies ļoti lielu vērtību, $-4^m,5$. 13. augustā Venera atradīsies maksimālajā rietumu elongācijā (46°). Tāpēc augustā tā būs ļoti ļoti novērojama vairākas stundas pirms

Saules lēkta, austrumu pusē, kā $-4^m,3$ spožuma spīdeklis. Septembrī Veneras novērošanas apstākļi būs līdzīgi kā augustā, tā vēl arvien būs ļoti saskatāma kā rīta spīdeklis (Auseklis). Vienīgi redzamais spožums pašās vasaras beigās samazināsies līdz $-4^m,1$. 17. jūlijā plkst. 9^h Mēness paies garām 2° uz augšu, 15. augustā plkst. 16^h 3° uz augšu un 14. septembrī plkst. 9^h $3,5^\circ$ uz augšu no Veneras.

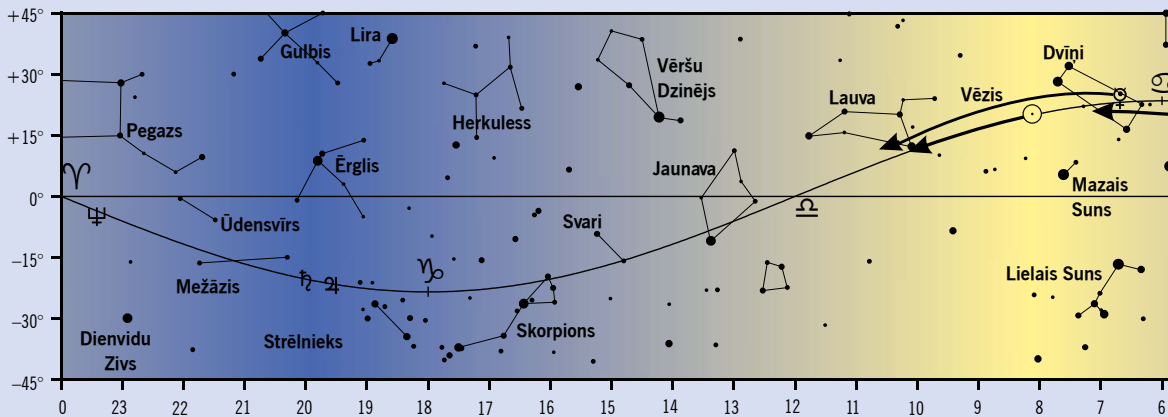
Vasaras sākumā un jūlija pirmajā pusē **Marss** būs diezgan ļoti redzams nakts otrajā pusē. Tā spožums jūnija beigās būs $-0^m,5$, jūlija beigās $-1^m,0$. Jūlija otrajā pusē un augustā redzamības periods būs jau gandrīz visa nakts, izņemot vakara stundas. Septembrī Marss būs ļoti ļoti novērojams praktiski visu nakti. Spožums un leņķiskais diametrs pašās vasaras beigās būs jau attiecīgi $-2^m,3$ un $19,6''$. Ap Jāņiem Marss pāries no Ūdensvīra zvaigznāja uz Zivju zvaigznāju, kur atradīsies līdz 9. jūlijam. No 9. jūlija un gandrīz līdz jūlija beigām tas atradīsies Valzivs zvaigznājā, tuvu robežai ar Zivju zvaigznāju. Jūlija beigās Marss pāries uz Zivju zvaigznāju, kur uzturēsies līdz pat vasaras beigām. 12. jūlijā plkst. 0^h Mēness paies garām $2,5^\circ$ uz leju, 9. augustā plkst. 11^h $1,5^\circ$ uz leju un 6. septembrī plkst. 7^h 1° leju no Marsa.

14. jūlijā **Jupiters** būs opozīcijā. Līdz ar to vasaras sākumā un jūlijā tas būs ļoti

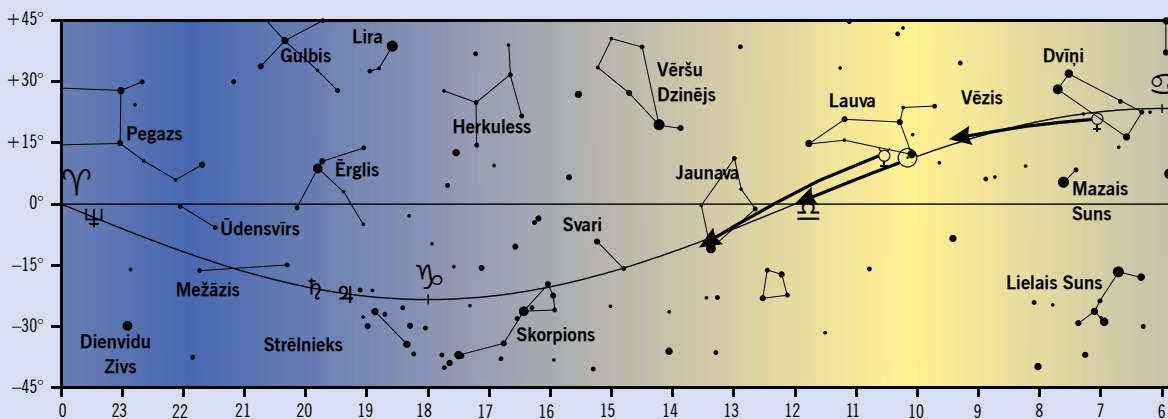




21.06.2020.–22.07.2020.

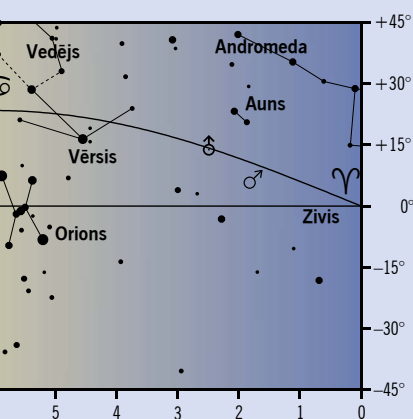
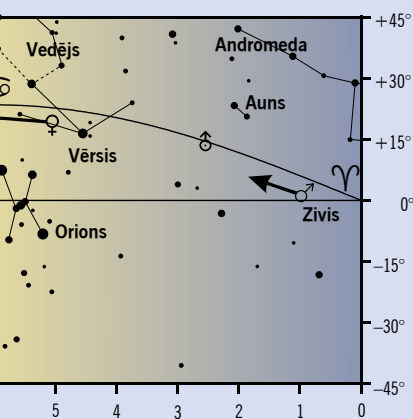
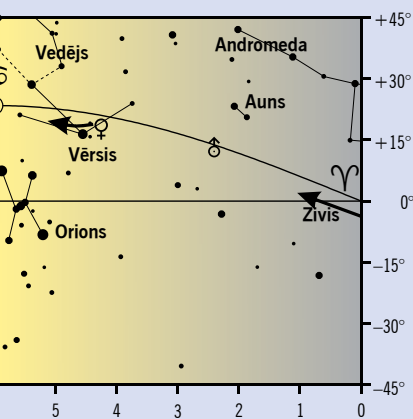


22.07.2020.–23.08.2020.



23.08.2020.–23.09.2020.

Saules šķietamais ceļš 2020. gada vasarā kopā ar planētām. Uz zilā fona parādītie spīdekļi redzami naktī



redzams praktiski visu nakti. Tā spožums šajā laikā būs $-2^m,8$. Jupitera augstums virs horizonta būs mazs, pat kulminācijā tas nepārsniegs 11° . Augustā Jupiteru diezgan labi varēs novērot nakts pirmajā pusē. Septembrī tas būs redzams vairākas stundas vakaros. Spožums septembra vidū būs $-2^m,5$. Visu vasaru Jupitera atradīsies Strēlnieka zvaigznājā. 6. jūlijā plkst. 1^h Mēness paies garām $2,5^\circ$ uz leju, 2. augustā plkst. $2^h 2,5^\circ$ uz leju un 29. augustā plkst. $4^h 2,5^\circ$ uz leju no Jupitera.

21. jūlijā Saturns nonāks opozīcijā ar Sauli. Tāpēc vasaras sākumā, jūlijā un augusta pirmajā pusē tas būs labi novērojams visu nakti. Saturna spožums šajā laikā būs $+0^m,1$. Saturna redzamības apstākļi pamazām pasliktināsies. Augusta otrajā pusē tā redzamības intervāls būs nakts lielākā daļa, izņemot rīta stundas. Septembrī – nakts pirmā pusē. Tā spožums

šajā laikā būs $+0^m,4$. Vasaras sākumā Saturns atradīsies Mežāža zvaigznājā. Jūlija sākumā tas pāries uz Strēlnieka zvaigznāju, kur atradīsies līdz vasaras beigām. 6. jūlijā plkst. 12^h Mēness paies garām 3° uz leju, 2. augustā plkst. $17^h 3^\circ$ uz leju un 29. augustā plkst. $20^h 3^\circ$ uz leju no Saturna.

Pašā vasaras sākumā un jūlijā Urāns būs novērojams nakts otrajā pusē. Tomēr šajā laikā traucēs ļoti gaišās naktis. Augustā tas būs redzams jau gandrīz visu nakti, izņemot vakara stundas. Vasaras beigās Urāns būs novērojams praktiski visu nakti, turklāt tad vairs netraucēs arī gaišās naktis. Urāna spožums šajā laikā būs $+5^m,7$, tā atrašanai un aplūkošanai nepieciešams vismaz binoklis un zvaigžņu karte. Visu vasaru tas atradīsies Auna zvaigznājā. 14. jūlijā plkst. 17^h Mēness paies garām 4° uz leju, 11. augustā plkst. $2^h 4^\circ$ uz leju un 7. septembrī plkst. $9^h 4^\circ$ uz leju no Urāna.

MAZĀS PLANĒTAS

2020. gada vasarā opozīcijā vai tuvu opozīcijai un spožāka par $+9^m$ būs viena mazā planēta – Cerera (1).

Datums	α_{2000}	δ_{2000}	Attālums no Zemes, au	Attālums no Saules, au	Spožums
11.07.	$23^h 16^m$	$-18^\circ 37'$	2,274	2,980	8,4
21.07.	$23^h 15^m$	$-19^\circ 31'$	2,177	2,981	8,3
31.07.	$23^h 12^m$	$-20^\circ 36'$	2,097	2,982	8,1
10.08.	$23^h 07^m$	$-21^\circ 46'$	2,038	2,982	7,9
20.08.	$23^h 00^m$	$-22^\circ 55'$	2,004	2,982	7,8
30.08.	$22^h 52^m$	$-23^\circ 56'$	1,997	2,982	7,7
9.09.	$22^h 43^m$	$-24^\circ 43'$	2,017	2,982	7,8
19.09.	$22^h 35^m$	$-25^\circ 12'$	2,064	2,981	8,0

KOMĒTAS

C/2020 F3 (Neowise) komēta

Šī komēta 2020. gada 3. jūlijā būs perihēlijā. Tāpēc jūlijā tā būs novērojama ar binokli vai teleskopu. Komētas efemerīda ir šāda (0^h UT):

Datums	α_{2000}	δ_{2000}	Attālums no Zemes, au	Attālums no Saules, au	Spožums
1.07.	5 ^h 56 ^m	+26°20'	1,234	0,302	7,7
6.07.	6 ^h 08 ^m	+34°17'	1,062	0,301	7,4
11.07.	6 ^h 48 ^m	+42°00'	0,888	0,372	7,9
16.07.	8 ^h 05 ^m	+47°11'	0,758	0,475	8,7
21.07.	9 ^h 51 ^m	+46°10'	0,696	0,587	9,4
26.07.	11 ^h 23 ^m	+38°23'	0,707	0,699	10,2

APTUMSUMI

Gredzenveida Saules aptumsums 21. jūnijā

Šis aptumsums būs redzams Kongo Demokrātikajā Republikā, Centrālāfrikas Republikā, Dienvidsudānā, Etiopijā, Eritreijā, Jemenā, Saūda Arābijā, Omānā, Pakistānā, Indijā, Ķīnā, Taivānā un Klusajā okeānā. Daļējā fāze – Āfrikā, Dienvidaustrumeiropā un gandrīz visā Āzijā. Latvijā aptumsums nebūs redzams.

Pusēnas Mēness aptumsums 5. jūlijā

Šis aptumsums būs redzams Ziemeļamerikā, Dienvidamerikā un Āfrikas rietumos. Latvijā aptumsums nebūs redzams.

MĒNESS

Mēness perigejā un apogejā

Perigejā: 30. jūnijā 4^h; 25. jūlijā 8^h; 21. augustā 14^h; 18. septembrī 17^h.

Apogejā: 12. jūlijā plkst. 22^h; 9. augustā 16^h; 6. septembrī 8^h.

Mēness fāzes

- Jaunmēness:
21. jūnijā 9^h41^m;
20. jūlijā 20^h33^m;
19. augustā 5^h42^m;
17. septembrī 14^h00^m.
- Pirmais ceturksnis:
28. jūnijā 11^h16^m;
27. jūlijā 15^h32^m;
25. augustā 20^h58^m.
- Pilnmēness:
5. jūlijā 7^h44^m;
3. augustā 18^h59^m;
2. septembrī 8^h22^m.
- Pēdējais ceturksnis:
13. jūlijā 2^h29^m;
11. augustā 19^h45^m;
10. septembrī 12^h26^m.

Mēness aizklāj spožākās zvaigznes un planētas

Laiks aprēķināts Rīgai. Pārējā Latvijā aizklāšanas laiks +/- 5 min.

METEORU

Jūlija otrajā pusē un augustā ir novērojamas vairākas aktīvas meteoru plūsmas.

1. Delta (δ) Akvarīdas. Plūsmas aktivitātes periods ir laikā no 12. jūlija līdz 23. augustam. 2020. gadā maksimums gaidāms naktī no 28. uz 29. jūliju, kad vienas stundas laikā var cerēt ieraudzīt līdz 25 meteoriem. Ap to pašu periodu aktīvas ir vēl dažas vājākas plūsmas. Tāpēc reāli novērojama meteoru skaits var būt vēl lielāks, vienīgi ne visi piederēs pie δ Akvarīdu meteoru plūsmas.

2. Perseīdas. Pieskaitāma pie pašām aktīvākajām un stabilākajām plūsmām. Tās aktivitātes periods ir no 17. jūlija līdz 26. augustam. 2020. gadā maksimums gaidāms naktī no 11. uz 12. augustu, it īpaši rīta pusē. Tad intensitāte var sasniegt pat 110 meteoru stundā.

Datums	Zvaigzne	Spožums	Aizklāšana	Atklāšana	Mēness augstums	Mēness fāze
25.08.2020	β Sco (Akrabs, Graffias)	2 ^m ,6	21 ^h 36 ^m	22 ^h 41 ^m	8–2°	50%

PERSEĪDU PLŪSMA IR VIENA NO AKTĪVĀKAJĀM METEORU PLŪSMĀM

ABONĒ ŽURNĀLU ZVAIGŽNOTĀ DEBESS

UN ARĪ TURPMĀK UZZINI PAR
JAUNĀKAJIEM ATKLĀJUMIEM ASTRONOMIJĀ!



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

ŽURNĀLS IZNĀK ČETRAS REIZES GADĀ: MARTĀ, JŪNIJĀ, SEPTEMBRĪ UN DECEMBRĪ
2020. gada abonementa cena 9,00 EUR

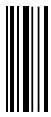
ABONĒ LATVIJAS PASTĀ NODALĀS VAI INTERNETĀ: PASTS.LV

ABONĒŠANAS INDEKSS LATVIJAS PASTĀ: 2214

ISSN 0135-129X



0 2 >



Cena 3,00 €

9 770135 129006 >