

Zvaigžņotā DEBESS

2022/2023
ZIEMA

PIELIKUMS: ASTRONOMISKAIS KALENĀRS 2023

Kā iegūt
LAIKLĒCIENU

Pamatīgs trieciens pa
ASTEROĪDU

Izzinātais par
ČEĻABINSKAS
meteorītu

Izdevējs

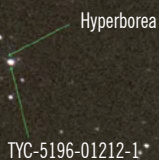


LATVIJAS
UNIVERSITĀTE

Frenks Dreiks
par savu vienādojumu

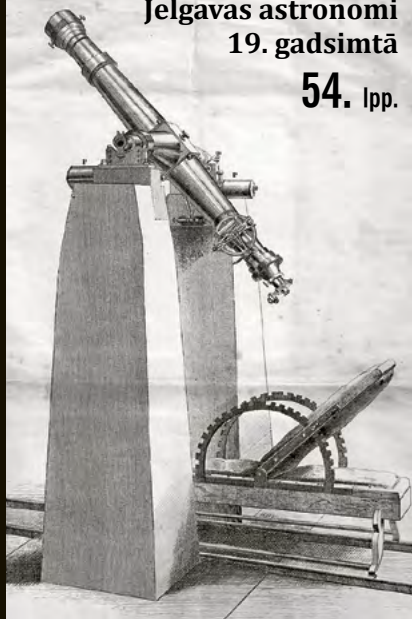
Kā mēģināja noķert
asteroīda ēnu

30. lpp.



Jelgavas astronomi
19. gadsimtā

54. lpp.



Starptautiskā astronomijas
olimpiāde

40. lpp.

Ar lāzeru mēra attālumu
līdz satelītiem

46. lpp.



Par tumšo
matēriju

6. lpp.



ZVAIGŽNOTĀ DEBESS

2022./2023. GADA ZIEMA (258)

PIELIKUMS:

ASTRONOMISKAIS KALENĀRS 2023

Izdevējs:



LATVIJAS
UNIVERSITĀTE

Dibinātājs: Latvijas Zinātņu akadēmijas
Astrofizikas laboratorija (1958).

Zvaigžnotā 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 Vrublevskis,
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: 2022. gada 26. septembrī NASA zonde DART speciāli ietriecās nelielā asteroidā, lai izmēģinātu asteroida novirzīšanas iespējas. Attēlā parādīta zonde neilgi pirms ietriekšanās maksliņieka skatījumā. Lejā redzama palīgzonde LICIACube, kas vēroja procesu no malas. NASA/Johns Hopkins APL

Uz 4. vāka: Ūdens tvaiku geizers uz Jupitera pavadoņa Eiropas maksliņieka skatījumā. Zonde Juno pārlidoja Eiropu 2022. gada septembrī un ieguva augstas izšķirtspējas attēlus. Tas aktualizēja jautājumu par aktīvajiem procesiem uz šā pavadoņa virsmas. NASA, ESA, K. Retherford

SATURS

AKTUĀLI

Jaunumi īsumā. *Ilgonis Vilks* 2

VISUMA IZPĒTE

Tumšās matērijas meklējumi. *Gauri Šarma* 6

METEORĪTI TUVPĻĀNĀ

Čeļabinskas meteorīta krišanas desmitā gadadiena. *Kārlis Bērziņš* 10

OLIMPISKAIS IZAICINĀJUMS

Fizika uz ledus. *Inese Dudareva* 15

INTERVIJA

Intervija ar ārpuszemes civilizāciju mednieku Frenku Dreiku. *Raitis Misa* 16

AMATIĒRU ASTRONOMIJA

Laiklēciena video izveide. *Juris Seņņikovs* 20

Sudrabaino mākoņu projekts 2022. gadā. *Mārtiņš Gills* 28

Hyperborea ēnas medības.

Roberts Purvinskis, Juris Seņņikovs, Kārlis Šuvčāns 30

FOTOSTĀSTS

Sietiņš. *Ēriks Tempelfelds* 34

KOSMISKIE LIDOJUMI

NASA sekmīgi izmaina asteroīda trajektoriju. *Raitis Misa* 36

ASTRONOMIJA SKOLĀ

XV Starptautiskā astronomijas un astrofizikas olimpiāde IOAA 2022. *Dmitrijs Docenko, Inese Dudareva* 40

MOBILĀ LIETOTNE

Stellarium telefonā. *Mārtiņš Gills* 43

ASTROVIETA

Ceļojums kosmosā kopā ar Šmitu. *Mārtiņš Gills* 44

ATSKATS VĒSTURĒ

Satelītu lāzerlokācija Rīgā. *Ilgonis Vilks* 46
Jelgavas astronomu 19. gadsimta sasniegumi. *Aldis Barševskis* 54

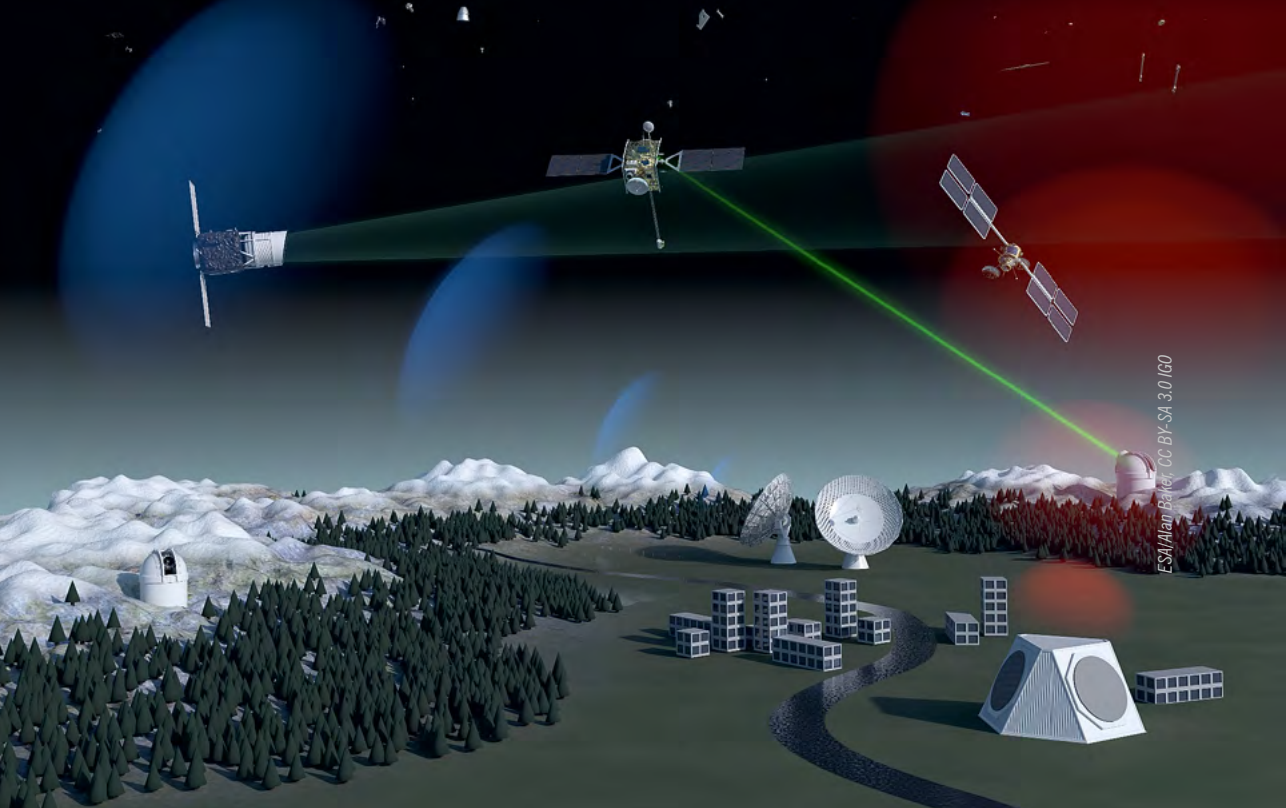
HRONIKA

Divas diennaktis Rencēnos. *Mārtiņš Gills* 58

DEBESS APSKATS

Debess spīdekļi 2022./2023. gada ziemā. *Juris Kauliņš* 60

Jaunumi īsumā



Kosmosa atkritumu novērošanas sistēmas koncepcija, kas izmanto optiskās, radara un lāzera tehnoloģijas uz Zemes un izpētes instrumentus orbītā ap Zemi

UZSKAITĪS KOSMISKOS GRUŽUS

2022. gada 6. septembrī Latvijas valdība pieņēma lēmumu, ka ir jāpiedalās Eiropas Savienības Kosmosa objektu novērošanas un uzraudzības partnerībā. Satelītu sniegtos pakalpojumus visi izmanto ļoti plaši, tie palīdz panākt gan augstāku sabiedrības drošību, gan ekonomisko labklājību. Tomēr satelītu skaita pieaugums rada arvien lielāku satelītu sadursmes

risku, padziļinot kosmisko atkritumu problēmu. Lai to risinātu, pasaules mērogā tiek īstenota kosmosa objektu novērošana, veicot satelītu radarnovērojumus, fotogrāfiskos novērojumus un lāzerlokāciju. Šādu sistēmu plāno izveidot arī visā Eiropas Savienībā, kurā valsti pārstāvēs Latvijas Universitātes Astronomijas institūts.

Institūta direktors Kalvis Salmiņš skaidro: "Kosmiskie

atkritumi ir darbu beiguši pavadoņi, nesējraķešu augšējās pakāpes un citas kosmisko aparātu detaļas, kas nekontrolēti riņķo ap Zemi un traucē tiem kosmiskajiem aparātiem, kas darbojas, it īpaši jau pilotējamiem. Tie var izraisīt sadursmes un radīt veselu spietu sīku lausku, kas kustas ar lielu ātrumu. Pat visniecīgākā sadursme var atstāt nopietnas sekas. Šādu objektu debesis ir ļoti daudz,

tāpēc tos nepieciešams katalogizēt un novērot, lai mazinātu sadursmju risku un veidotu prognozes, kad un kur tie ieies Zemes atmosfērā un sadegs vai, sliktākajā gadījumā, nokritīs.”

Universitātes astronomi izmantos viņu rīcībā esošo satelītu lāzerlokācijas teleskopu LS-105 un citu aparātūru, kā arī savu ilggadēji uzkrāto

pieredzi. Plānots piedalīties kosmisko atkritumu orbītu precizēšanā un to spožuma mērīšanā, kas dod iespēju noteikt atlūzas orientāciju un rotāciju. Tā kā uz komiskajām atlūzām nav lāzera atstarotāju, mērījumu precizitāte nav tik liela, kā novērojot tradicionālos ģeodēziskos satelītus. To var risināt, veicot kopīgus novērojumus,

kad viena stacija apstaro atlūzu ar jaudīgu lāzeru, bet vairāki citi teleskopi uztver atstaroto gaismu. Dalība partnerībā attīstīs Latvijas Universitātes zinātnisko kapacitāti astronomijas un fotonikas jomā, kā arī ļaus saņemt Eiropas Savienības budžeta līdzekļus atbilstoši sniegtajiem kosmosa telpas pārraudzības pakalpojumiem. 🦋

IRIDIUM UZLIESMOJUMU AIZSTĀJEJS

2022. gada 10. septembrī kompānija *AST SpaceMobile* palaida eksperimentālu satelītu *BlueWalker 3*. Tas riņķo ap zemi 500 kilometru augstumā un ir paredzēts mobilo sakaru nodrošināšanai. Atšķirībā no *Starlink* sistēmas, kurā izmanto speciālu uztvērēju, šis satelīts raidīs sakaru signālu pa tiešo uz mobilo tālruni, tāpēc tam ir salīdzinoši milzīga, 64 kvadrātmetrus liela antena. Starta laikā antena bija sakļauta, un to bija plānots atvērt oktobra otrajā pusē. Satelīta palaišanai ir blakusefekts, proti, lielā, plakanā antena atstaro Saules gaismu, un satelīts ir īpaši labi redzams novērotājiem uz Zemes, radot spožus uzliesmojumus,



Satelīts *BlueWalker 3*

līdzīgi kā *Iridium* satelīti. Lēš, ka *BlueWalker 3* uzliesmojumi varētu būt spožāki pat par *Veneru*, pārspējot visus nakts debess spīdekļus, izņemot *Mēnesi*. Astronomijas amatieriem tā ir laba iespēja interesantiem novērojumiem, taču profesionālajiem

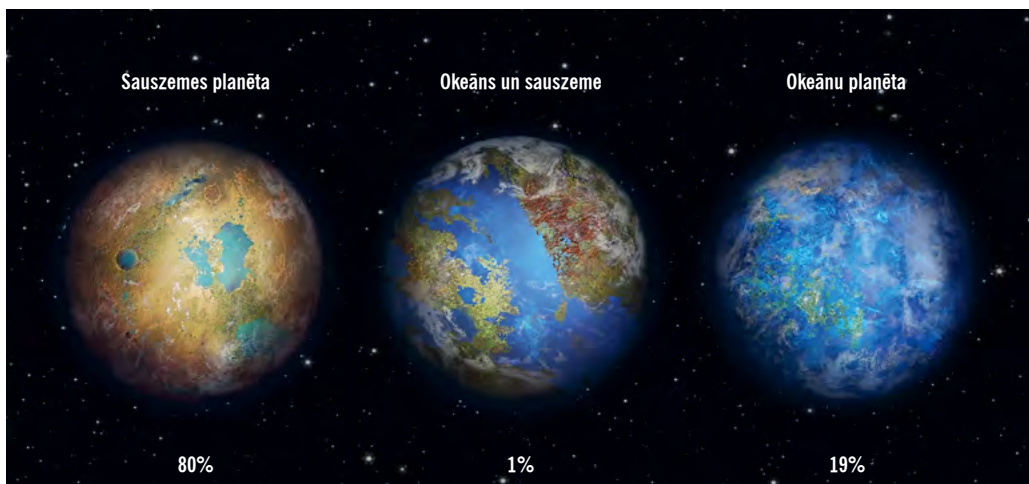
astronomiem tas ir vēl viens traucēklis, kas radīs švīkas astronomisko objektu fotouzņēmumos. *AST SpaceMobile* plāno palaist vairāk nekā simts vēl lielāku satelītu *BlueBirds*. Tie būs divreiz lielāki nekā *BlueWalker 3* un debesīs izskatīsies vēl spilgtāki. 🦋

JĀMEKLĒ BLĀVI DZELTENI, NEVIS ZILI PUNKTI

Zemei līdzīgas planētas ar līdzīgu sauszemes un okeāna laukuma attiecību, kā tas ir

mūsu planētai, var būt ārkārtīgi reti sastopamas. Saskaņā ar jaunāko pētījumu, ko veica Vācijas un Šveices pētnieku grupa, Zemei līdzīgas

planētas, kurām aptuveni 30% virsmas klāj kontinenti, varētu veidot tikai 1% no iežu planētām zvaigžņu apdzīvojamajās zonās, kur uz



Europlanet 2024 RI/T. Roger

Sagaidāms, ka tikai vienam procentam Zemei līdzīgu planētu ir tāds pats ūdeņu un sauszemes sadalījums kā Zemei

planētas virsmas var pastāvēt šķidrš ūdens. Pētnieki nonāca pie šāda secinājuma, modelējot iespējamo ūdens daudzumu planētas mantijā un kontinentu "pārstrādi", kas notiek plātņu tektonikas ietekmē. Saskaņā ar modeli uz aptuveni 80% no potenciāli apdzīvojamajām Zemes tipa planētām dominē sauszeme, aptuveni 20% ir okeānu planētas. Tāpēc sagaidāms, ka Zemes tipa planētu meklējumos biežāk būs atrodami "blāvi dzeltenie punkti", nevis "blāvi zili punkti", ja izmantojam Zemes

apzīmējumu, ko tai devis planētu pētnieks Karls Seigans.

Vai uz planētas dominēs sauszeme vai okeāns, nosaka tas, cik aktīvi subdukcijas zonas, kas atrodas uz tektonisko plātņu robežām, nogādā ūdeni virszemē. Trauslo kontinentu un okeānu līdzsvaru, kurā dzīvojam patlaban, Zeme sasniedza aptuveni pirms 2,5 miljardiem gadu, bet citas planētas šo lūzuma punktu varēja sasniegt daudz ātrāk. "Zemes plātņu tektonikas siltums veicina ģeoloģisko aktivitāti, piemēram, zemestrīces,

vulkānus un kalnu veidošanos, un tas izraisa kontinentu palielināšanos," sacīja viens no pētījuma autoriem. Planētas, uz kurām dominē okeāns un uz kurām ir mazāk nekā 10% sauszemes, visticamāk, būs siltas, ar mitru atmosfēru un tropu klimatu, savukārt planētas, uz kurām dominē sauszeme un kuru virsmu mazāk nekā 30% klāj okeāns, būs vēsākas, sausākas un skarbākas. Uz šīm planētām pāri sauszemes masīviem stieptos auksti tuksneši un būtu plaši sastopams ledus. 🌩

JAUNI JUPITERA PAVADOŅA EIROPAS UZŅĒMUMI

2022. gada 29. septembrī NASA starpplanētu zonde *Juno* pārlidoja Jupitera pavadoņi Eiropu nieka 352 kilometru attālumā un ieguva jaunus pavadoņa tuvplāna uzņēmumus. Pirms tam tik tuvu Eiropai bijusi tikai NASA

zonde *Galileo* 2000. gadā. Pārlidojuma laikā tika iegūti attēli ar izšķirtspēju līdz vienam kilometram uz pikseli, kas deva vērtīgus datus par Eiropas ledu garozas struktūru un uzbūvi. "Zinātniskā komanda salīdzinās *Juno* iegūtos attēlus ar attēliem no iepriekšējām

misijām, lai noskaidrotu, vai Eiropas virsmas iezīmes pēdējo divu desmitgāju laikā ir mainījušās," sacīja Kendija Hansena (*Hansen*), kas strādā *Juno* komandā Planētu zinātnes institūtā Tuksonā, Arizonā. "Attēli papildinās pašreizējo ģeoloģisko karti, aizstājot līdzšinējās

zemās izšķirtspējas kartes.” Savukārt mikroviļņu radiometra dati sniegs jaunas ziņas par Eiropas ledus struktūru zem garozas. Zinātnieki izmantos visu iegūto informāciju, lai pilnveidotu izpratni par šo Jupitera pavadoni, tostarp meklējot apgabalus, kur seklās pazemes kabatās var atrasties šķidrums ūdens. Kaut arī pārlidojums Eiropai bija īss, tikai divas stundas, novērojumi tiks izmantoti, lai plānotu turpmāko pavadona izpēti, tostarp ar NASA zondi *Europa Clipper*, kuru paredzēts palaist 2024. gadā. Zonde *Juno* 2023. un 2024. gadā apmeklēs Jupitera vulkānisko pavadoni *Io*. 🌩



NASA brīvpieejas attēls

200 x 150 kilometru plašs Eiropas ledus virsmas apgabals, ko krustām šķērsām izvago rievās un šauri ledus pacēlumi (dubultās līnijas)

Lasītāj, sazinies ar Zvaigžņotās Debess veidotājiem!

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

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

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

Godātais lasītāj!

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

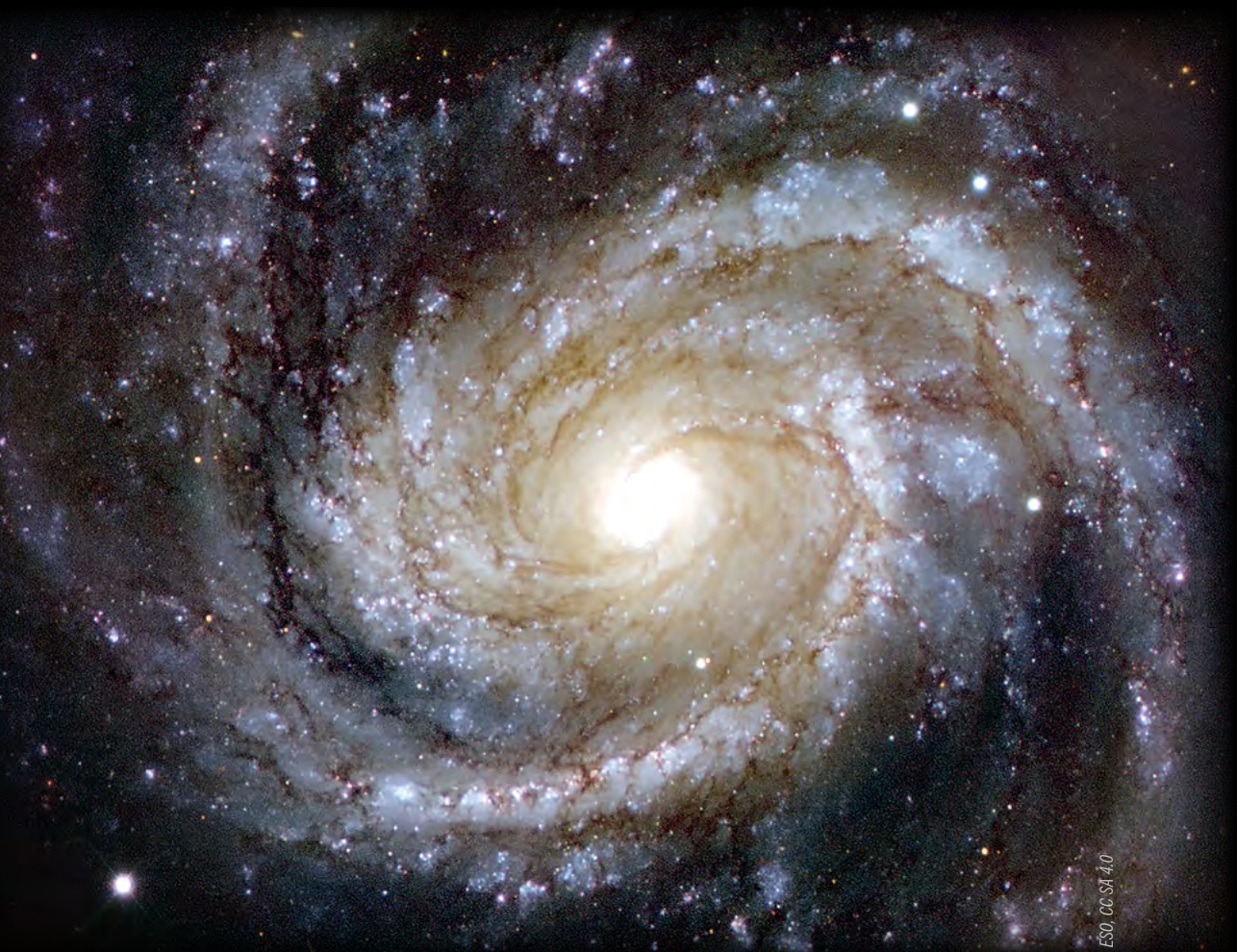
2022. gada ziemas numuram veltītais pasākums
Atveram Zvaigžņoto Debesi notiek

15. decembrī plkst. 17.00.

Lai pieslēgtos, tīmekļa pārlūkā izmanto saiti:
meet.google.com/hzd-iwvx-gpe

Nenokavē!

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

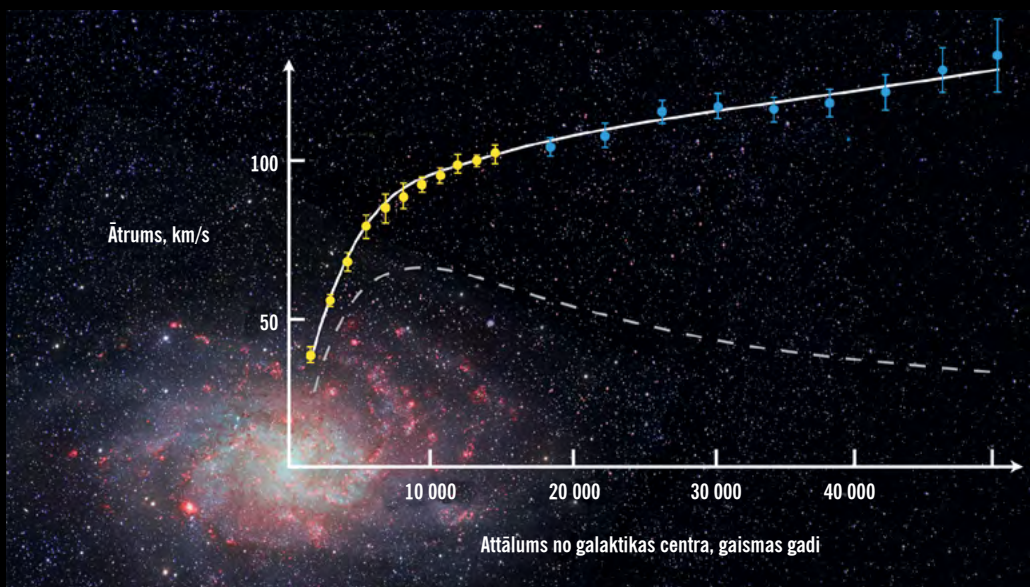


ESO, CC SA 4.0

Iespējams, ka spirālveida galaktikas, tādas kā šeit redzamā galaktika M100, glabā norādes par tumšās matērijas dabu

Tumšās matērijas meklējumi

MĒS NEZINĀM, VAI TUMŠĀ MATĒRIJA PASTĀV.
TAD KĀPĒC ASTRONOMI TURPINA TO MEKLĒT?



Galaktikas M33 rotācija. Novērojumu dati – dzeltenie un zilie punkti, ar pārtrauktu līniju – teorētiskā rotācijas līkne bez tumšās matērijas. Mario De Leo, CC BY-SA 4.0

Zinātnieki ļoti maz zina par vielu, kas veido Visuma galaktikas. Apmēram 20% galaktiku matērijas ir detektējami jeb barioniski, tās ir subatomāras daļiņas, piemēram, protoni, neitroni un elektroni. Pārējie 80%, saukti par “tumšo matēriju”, joprojām ir noslēpumaini un neredzēti. Patiesībā tās var nebūt vispār. “Tumšā matērija” ir tikai hipotēze. Iespējams, fiziķi un astronomi dzenas pēc fantoma, taču tas neliedz mums to meklēt. Kāpēc? Jo, ja tumšā matērija nav reāla, tad zvaigžņu, planētu un galaktiku uzvedībai ir neizprotama.

Mūsdienās tumšā matērija un tās “māsīca” tumšā enerģija ir galvenie pīlāri kosmoloģiskajā modelī, ko sauc par Lambda aukstās tumšās matērijas modeli (*Lambda Cold*

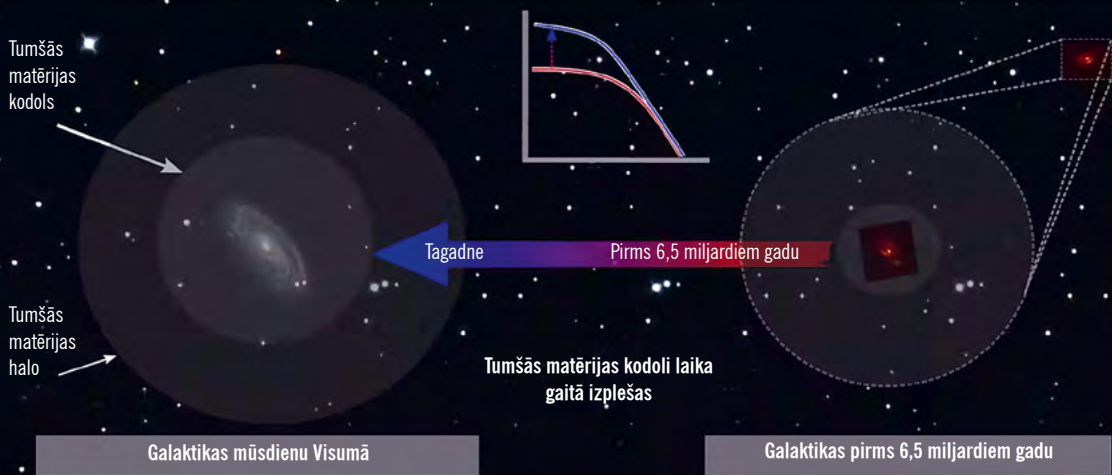
Dark Matter). Šis modelis uzsver, ka tumšā matērija ietekmē barionu matēriju tikai ar gravitācijas palīdzību. Tumšā matērija nemijiedarbojas ar elektromagnētisko spēku, kas nozīmē, ka tā neabsorbē, neatstaro un neizstaro gaismu. Nesenā pētījumā, kas publicēts *Astronomy and Astrophysics*, mēs sniedzām papildu pierādījumus, kas atbalsta tumšās matērijas halo pastāvēšanu ap agrīnajām galaktikām, kad Visuma vecums bija puse no pašreizējā. Mēs arī apstrīdējām dažus pieņēmumus par tumšo matēriju. Tas ir veids, kā padziļināt mūsu izpratni par Visumu un to veidojošajām galaktikām.

TEORIJAS IZCELSME

20. gadsimta 70. gados astronomi Vera Rubina un Kents Fords izveidoja tumšās

matērijas teoriju. Viņi “ne-taustījās tumsā”, jau ilgu laiku tika diskutēts par to, kāpēc zvaigznes, planētas un galaktikas kustas noteiktā veidā. Piemēram, kāpēc zvaigznes un gāzes netiek no galaktikas izmestas tālu projām kosmosā? Kāda veida “līme” saglabā galaktikas veselas, iedarbojoties uz parastajām barionu daļiņām?

Zinātnieki arī prātoja, kāpēc objekti, kas atrodas tālu no galaktikas centra, riņķo ar tādu pašu ātrumu kā objekti, kas atrodas tuvāk centram. Tas ir pretrunā Ņūtona likumiem, kas liek domāt, ka zvaigznēm un gāzei ir jākustas lēnāk, jo tās atrodas tālāk no galaktikas centra. Lielāks zvaigžņu un gāzu daudzums kodola tuvumā nodrošina nepieciešamo gravitācijas spēku, kas paātrina



Tumšās matērijas sadalījums jaunākajās un agrīnajās galaktikās. Gauri Šarma

zvaigznes un gāzi. Jo retāk zvaigznes ir izvietotas galaktikas ārmaļā, jo mazāks ir gravitācijas spēks, un tāpēc zvaigznēm un gāzei vajadzētu kustēties lēnāk. Taču novērojumi liecina, ka tā nav.

Lai izskaidrotu šīs neatbilstības, Vera Rubina un Kents Fords apgalvoja, ka katru galaktiku apņem liels tumšās matērijas mākonis jeb halo, kas veido neuzskaitīto masu. Viņuprāt, tumšā matērija veido apmēram 85% matērijas jebkurā galaktikā. Tās dominējošā klātbūtne visās galaktikās izriet no fakta, ka zvaigznes un udeņraža gāze pārvietojas tā, it kā to kustību ietekmētu neredzama viela. Viņu teorija, lai arī plaši uzskatīta par visticamāko skaidrojumu, nav vispārēji pieņemta, kamēr nav atbildes, kas veido šo

vielu. Daži zinātnieki apgalvo, ka tumšā matērija neeksistē. Bet mēs un daudzi citi piekrītam Verai Rubinai un Kentam Fordam. Tumšajai matērijai jāpastāv, jo tā tik daudz ko izskaidro. Kā teicis kāds rakstnieks: daudzi [fiziķi] ar prieku noraidītu šo ideju, ja vien tā nedarbotos tik labi.

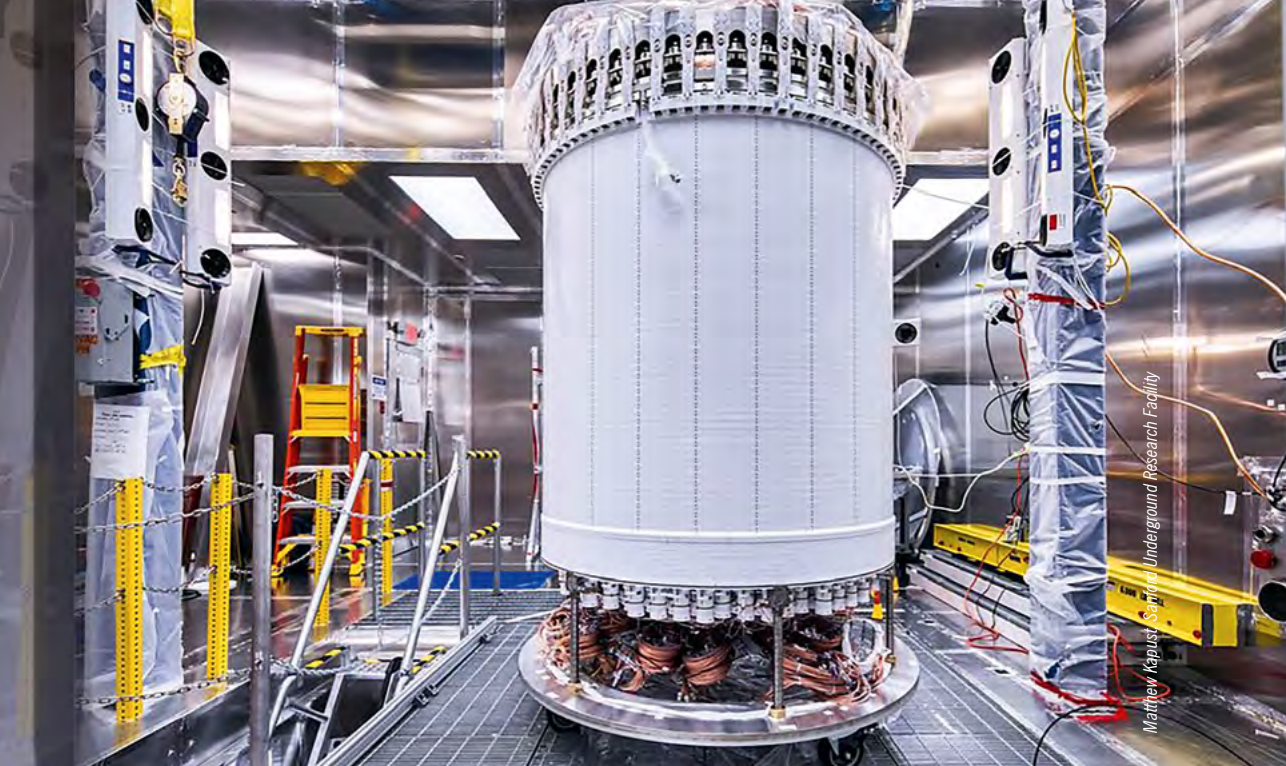
ATSKATOTIES VISUMA PAGĀTNĒ

Jaunajā pētījumā mēs novērojām apmēram 260 spirālveida galaktikas, kurās notiek zvaigžņu veidošanās, aptuveni septiņu miljardu gaismas gadu attālumā. Tas būtībā ir ieskaits pagātnē. Šīs galaktikas pastāvēja laikā, kad Visums bija uz pusi jaunāks. Visuma vecums ir apmēram 13,8 miljardi gadu. Tagad šīs galaktikas mums šķiet tikai kā gaismas signāli. Spirālveida

galaktikām, no kurām viena ir Piena Ceļa galaktika, ir raksturīgi izteikti spirālveida zvaigžņu un gāzes mākoņu zari.

Mūsu mērķis bija novērot un pēc tam salīdzināt masas sadalījumu šajās tālajās spirālveida galaktikās ar jaunākām, tuvākām galaktikām ar vairāk vai mazāk līdzīgām īpašībām. Daži neseni pētījumi liecina, ka agrīnajās galaktikās, kurās notika zvaigžņu veidošanās, salīdzinājumā ar jaunākām (vietējām) galaktikām tumšās matērijas trūkst. Tas ir līcis dažiem pētniekiem apgalvot, ka tumšās matērijas loma agrīnajās zvaigžņu sistēmās ir daudz mazāka nekā mūsdienu galaktikās. Mūsu atklājumi atspēko šo apgalvojumu.

Mēs varējām apstiprināt, ka mūsu pētītajām agrīnajām galaktikām ir tumšās



Matthew Kapust, Sanford Underground Research Facility

Vai ar LUX-ZEPLIN detektoru izdosies atrast tumšo matēriju?

matērijas halo, kas sākas no centra un saglabā nemainīgu blīvumu līdz pat noteiktam rādiusam. Tas lielā mērā atbilst tumšās matērijas standarta scenārijam, kas novērots tuvējās galaktikās. Tomēr pārsteidzošs atklājums bija tas, ka šie halo ir daudz kompaktāki nekā galaktikās, kas atrodas tuvāk Piena Ceļa galaktikai. Tas liek domāt, ka tumšā matērija galaktikā laika gaitā lēnām izplešas. Bet kā šis process notiek?

Mūsu secinājums ir tāds, ka šī parādība ilustrē tiešu mijiedarbību starp tumšās matērijas daļiņām un parastajām barioniskajām daļiņām. Tādējādi mainās halo blīvums, taču procesa apraksts iziet ārpus standarta gravitācijas teorijas. Šie atklājumi nesniedz atbildes uz visiem vai

pat dažiem jautājumiem saistībā ar tumšo matēriju. Bet tie noteikti sašaurina ilgstošo tumšās matērijas meklējumu iespējamus virzienus.

Atklātais arī sniedz zināmu norādi tumšās matērijas daļiņu identificēšanā, pamatojoties uz to potenciālajām īpašībām. Tas savukārt pavēr diskusiju par citiem, no aukstās tumšās matērijas atšķirīgiem tumšās matērijas veidiem, piemēram, silto tumšo matēriju, pašmijiedarbošos tumšo matēriju un īpaši vieglo tumšo matēriju. Visiem šiem tumšās matērijas paveidiem ir raksturīga lielāka mijiedarbības pakāpe.

DZIĻĀKS SKATĪJUMS

Tiem, kurus tumšā matērija vienlīdz apbur un padara apjukušus, tuneļa galā var

uzspīdēt gaisma. Proti, jaunās tehnoloģijas palīdzēs labāk izprast Visumu un tā dinamiku. Atbildes jāmeklē, ieskatoties arvien dziļāk gan agrīno, gan "jaunāko" galaktiku centros. Šajā ziņā var palīdzēt jaunais Džeimsa Veba kosmiskais teleskops, kas palaists 2021. gada beigās un šobrīd riņķo ap Sauli apmēram 1 500 000 kilometru aiz Zemes orbītas. Noderēs arī jaunais tumšās matērijas detektors LUX-ZEPLIN, kas tiek dēvēts par "pasaulē jutīgāko tumšās matērijas detektoru" un atrodas apmēram 1,5 kilometrus dziļi pazemē ASV. 🦋

Raksta līdzautori ir profesors Paolo Salucci (Salucci, SISSA, Itālija) un profesors Glenns van de Vens (Ven, Vīnes Universitāte, Austrija).

Čeļabinskas meteorīta krišanas desmitā gadadiena

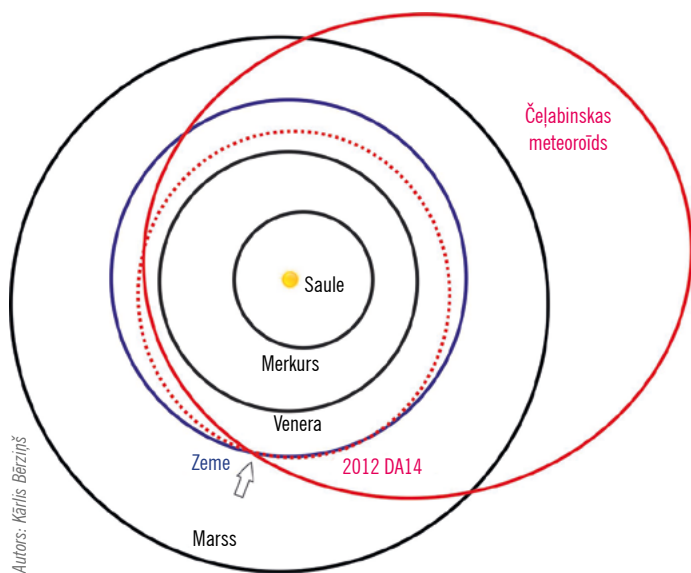
PIRMS 10 GADIEM, 2013. GADA 15. FEBRUĀRA RĪTĀ DAŽAS MINŪTES PĒC SAULLĒKTA ČEĻABINSKU, KRIEVIJĀ, SATRICINĀJA NO DIENVIDU PUSES ATNĀKUŠIE SPRĀDZIENU TRIECIENVIĻŅI, KURUS IZRAISĪJA METEORĪTA KRIŠANA PULKSTEN 9:20. ZEME NEGAIDĪTI BIJA SADŪRUSIES AR NELIELU ASTEROĪDU. NOTIKUMAM BIJA DAUDZ ACULIECINIEKU KRIEVIJĀ UN KAZAHSTĀNĀ, UN TAS TIKA NOFILMĒTS ARĪ DAUDZOS VIDEO REĢISTRATOROS. TĀ BIJA SIMTGADES LIELĀKĀ ZEMES KOSMISKĀ KATASTROFA.

Bija zināms, ka 2013. gada 15. februāra vakarā pulksten 19.26 UTC Zemei cieši garām apmēram 34 tūkstošus kilometru attālumā, kas ir tuvāk nekā ģeostacionāro pavadoņu orbītas, palidos apmēram 30 vai vairāk metru lielais asteroīds 2012 DA14 (tagad tas ieguvis numuru un nosaukumu 367943 Duende), kas arī tika novērots. Bet negaidīti 16 stundas agrāk, tajā pašā dienā pulksten 3.20 UTC, ar Zemi sadūrās apmēram 18–20 metru liels objekts. Asteroīda izmēri un masa tika novērtēti jau pēc

sadursmes. Pirmā astronomu doma, kas tika pārbaudīta, vai Čeļabinskas meteorīts nav saistīts ar 2012 DA14 asteroīdu. Izrādījās, ka šie objekti lidojuši pa pilnībā atšķirīgām orbītām, tātad tie ir neatkarīgi objekti, un divu ne pārāk mazu asteroīdu atrašanās Zemes tiešā tuvumā līdzīgos laika momentos ir tikai sagādīšanās (skat. 1. att.). Piebildīsim, ka Čeļabinskas meteoroīdu, kurš pirms sadursmes bija uzskatāms par mazo planētu, nevajag sajaukt ar asteroīdu Nr. 21088 jeb 1992 BL₂, kuram ir dots starptautiskais

nosaukums *Chelyabinsk*, tas tajā brīdī nemaz neatradās Zemes tuvumā.

Čeļabinskas superbolīda lidojumu atmosfērā vēroja daudz cilvēku, tā trajektorija precīzi noteikta, izmantojot daudzus video novērojumus, kas tika iegūti gan no automašīnu video reģistratoriem, gan drošības kamerām. Sensacionālā ziņa par superbolīdu uzreiz aplidoja pasaulē ziņu medijus. Pirmā zinātniskā publikācijas par to parādījās jau 21. februārī, t. i., nepilnu nedēļu pēc notikuma. Par Čeļabinskas bolīdu rakstīja arī *Zvaigžņotā Debess*



1. att. Čebabinskas meteoroida jeb asteroīda orbīta (sarkanā elipse) būtiski atšķiras no 2012 DA14 asteroīda orbītas (sarkanā raustītā elipse). Attēlā Zemes orbīta parādīta ar zilu krāsu. Parādītas arī Merkura, Veneras un Marsa orbītas

2013. gada vasaras numurā (A. Alksnis. Čebabinskas *Superbolīds – simtgades notikums*). Desmit gadus vēlāk par šo notikumu varam lasīt pētījumus gandrīz piecsimt publikācijās un grāmatās.

Restaurēsim 15. februāra notikumu gaitu. Apmēram 20 metru diametra asteroīds ar sākotnējo masu 12–13 tūkstoši tonnu ar relatīvo ātrumu $19,16 \pm 0,15$ km/s (attiecībā pret Zemi) šaurā leņķī $18,3 \pm 0,4^\circ$ ielidoja mūsu planētas atmosfērā,

pārvietojoties $\sim 280^\circ$ azimuta leņķī, t. i., apmēram austrumu – rietumu virzienā. Tad $29,7 \pm 0,7$ kilometru augstumā dažus desmitus kilometru uz dienvidiem no Čebabinskas notika bolīda sprādziens, asteroīds sasprāga daudzos gabalos, veidojot aukstu gāzu un putekļu mākonī, kas turpināja kustību, iespējoties līdz apmēram 26 kilometru augstumam, kur izdzisa. Viss bolīda lidojums no sākuma līdz izdzišanai turpinājās 32,5 sekundes. Tālāk

krītošie meteorīta gabali lidoja tā sauktajā tumšajā lidojuma režīmā, t. i., tie ir nobremzējušies un krīt ar ātrumu, kas tuvs brīvās krišanas ātrumam, to lidojums nav vairs saskatāms. Meteorīti ar dažādām masām un kustības impulsiem izkļiedējas un nokrīt tā sauktajā izkļiedes laukā, kam ir eliptiska forma (skat. 2. att.). Lielākais meteorīta gabals nokrita uz austrumiem no Čebabinskas aizsalušajā Čebarkulas ezerā, izsitot tajā āliņģi septiņu metru diametrā, tādējādi pietiekami precīzi iezīmējot savu piezemēšanās vietu. Vairākās sākotnējās publikācijās pirms vēl oficiālās meteorīta reģistrācijas un vārda piešķiršanas tas tika dēvēts par Čebarkulas meteorītu, tagad tas jāuzskata par neoficiālu sinonīmu.

Sprādziena brīdī bolīda ugunsbumba novērotājiem apmēram 100 kilometru rādiusā kļuva spožāka nekā Saule. Balstoties uz infraskaņas un seismisko staciju mērījumiem, sprādziena enerģija sasniedza 400–500 kilotonnu TNT ekvivalentu, kas līdzinās 26–33 Hirosimas atombumbām! Tas ir liels enerģijas daudzums, kas spējīgs pilnībā nopostīt lielpilsētu. Pēc sprādziena izplatījās cilindriski triecienviļņi. Apmēram pēc 2,5–3 minūtēm viļņu frontes sasniedza Čebabinsku, un no granda vairāki postoši sprādzieni. Iestājās haoss, daži cilvēki pat padomāja, ka ir sācies karš. Reģiona pilsētās postījumi tika nodarīti apmēram 7200 ēkām, pārsvarā tika

SPRĀDZIENA ENERĢIJA SASNIEDZA 400–500 KILOTONNU TNT EKVIVALENTU, KAS LĪDZINĀS 26–33 HIROSIMAS ATOMBUMBĀM.

akmeņi tika atklāti jau pēc dažām dienām. Lielāko gabalu, kas bija iekritis Čebarkulas ezerā, ūdenslīdēji izcēla astoņus mēnešus vēlāk, 15. oktobrī. Tas izrādījās 570 kilogramu smags. Tagad tas atrodas Valsts Dienvidurālu vēstures muzejā Čeljabinskā. Tika atrasti vairāki dažus kilogramus smagi meteorīta gabali, kā arī daudzi mazāki un tūkstošiem pavisam mazu kosmisko akmentiņu. Tiek lēsts, ka tā kopējā atklātā masa varētu būt ap 1000 kilogramiem.

Laboratorijā apskatot jau pirmos atrastos Čeljabinskas meteorīta gabalus, kļuva skaidrs, ka tas ir LL (*Low-iron, Low-metal* – ar mazu dzelzs un metālu saturu) tipa akmeņi

LIELĀKAIS GABALS IZRĀDĪJĀS 570 KILOGRAMU SMAGS.

hondrīts, vēlāk tika precizēts kā LL5, kas jau ir metamorfizēts un satur dažādus sekundārus minerālus. Tas meteorītu statistikā ir viens no izplatītākajām meteorītu veidiem. 2022. gada oktobrī pasaulē bija apstiprināti 3188 dažādi LL5 meteorīti.

Astronomiem ir labi zināms, ka asteroīdi var nodarīt nopietnu postījumu Zemei. Ir konstatēts, ka pirms 66 miljoniem gadu Zeme sadūrās ar apmēram 10 kilometrus lielu

asteroīdu, un tā radās 180 kilometru liels Čiksulubas krāteris tagadējā Jukatanas pussalā, Meksikā. Šīs kosmiskās katastrofas dēļ izmira 75% no visas tā laika Zemes dzīvības, ieskaitot dinozaurus. Arī mūsdienās notiek mazo ķermeņu sadursmes ar planētām. Piemēram, 1994. gada 16.–22. jūlijā astronomi no Zemes un no kosmosa novēroja 1992. gadā sairusās Šūmeikera-Levi 9 komētas sadursmi ar Jupiteru.



N. Plehanovs, Wikipedia CC BY-SA 3.0.

3. att. Čeljabinskas bolīda atstātās dūmu pēdas debesīs



4. att. Čeljabinskas meteorīta fragments, kas apskatāms Meteorītu muzeja kolekcijā. Labi redzama plānā garoza, hondras, vēnas, arī spoži atspīdošie dzelzs niķeļa iekļāvumu punkti (mēroga līnija – 1 cm)

Čeljabinskas meteorīta mēroga katastrofa statistiski uz Zemes notiek apmēram reizi 100 gados. Lielākā kosmiskā katastrofa iepriekš, kas bija vēl enerģētiskāka, notika 1908. gada 30. jūnijā Tunguskā, Sibīrijā, kurā atmosfēras sprādzienā tika nogāzti koki 2150 kvadrātkilometru meža platībā, kas līdzinās lielpilsētas izmēram. Čeljabinskas meteorīta nokrišana un sprādziena postījumi savā ziņā atvēra acis lielai daļai sabiedrības, ka astronomu iepriekšminētie kosmiskie draudi ir reāli. Arī Čeljabinskas meteorīts būtu varējis nodarīt daudz lielāku postījumu, bet, pateicoties tam, ka galvenais sprādziens notika augstu gaisā, būtiskāko enerģijas daļu uzņēma atmosfēra.

Čeljabinskas meteorīts skaidri iezīmēja vēl vienu asteroīdu draudu problēmu. Ja nezinašs asteroīds tuvojas Zemei no Saules puses, ar esošajām tehnoloģiskajām

iespējām astronomi tādu asteroīdu šobrīd nespēj vēl atklāt, un šādi novērojumi nemaz nebija plānoti. Mazi objekti gluži vienkārši pazūd Saules spilgtajos staros. Čeljabinskas bolīds bija tieši tāds, tā radiants (kustības sākuma punkts) leņķiski, skatoties no Zemes, atradās pārāk tuvu Saulei. Tas iezīmē nepieciešamību pēc robotizētiem teleskopiem kosmosā, kas uzraudzītu no Zemes grūti novērojamo kosmosa apgabalu.

Protams, statistiski šādas kosmiskās katastrofas nenotiek bieži, taču ir notikušas un notiks. Ko darīt? Vispirms ir jāpievērš uzmanība šai problemātikai, ir jāsaprot, ka cilvēcei ir jāvelta daļa savu resursu asteroīdu bīstamības problēmas izpētei. Šo funkciju kopš 2015. gada ir uzņēmusies Starptautiskā Asteroīdu diena, par kuras datumu ir izvēlēts 30. jūnijs – Tunguskas katastrofas gadadiena. Katru gadu ap 30. jūniju tiek rīkoti

dažādi sabiedrību izglītojoši pasākumi, lai skaidrotu, kādus draudus Zemei var atnest asteroīdi, kā un kāpēc tie ir regulāri jānovēro, kāpēc jāuztur to datubāzes, ko darīsim, ja atklāsim asteroīdu, kurš ir virzienā, lai sadurtos ar mūsu planētu? Starptautiskās Asteroīdu dienas pasākumus Latvijā ik gadu organizē Meteorītu muzejs.

Šis asteroīdu izpētē vēsturiski ir ļoti interesants laiks, jo pavisam nesen, 2022. gada 26. septembrī, notika DART misijas eksperiments, kura laikā pirmo reizi pasaulē tika kontrolēti izmainīta asteroīda Dimorfa orbīta (skat. R. Misas rakstu šajā *Zvaigžņotās Debess* numurā). Vēl neesam simtprocentīgi gatavi aizsargāt savu planētu no asteroīdu draudiem, bet ļoti iespējams, ka tieši šī izmēģinātā tehnoloģija kādu dienu izglābs cilvēci no bojāejas, vienkārši nedaudz pavīzot malā kādu vēl lielāku asteroīdu, nekā bija Čeljabinskas meteorīts, kas šobrīd ir kļuvis par visietekmīgāko. 🦋

Izmantojiet iespēju klātienē apskatīt Čeljabinskas meteorītu Rīgā, Meteorītu muzejā.

Informācija Meteorītu muzeja vietnē:
www.meteoriti.lv/chelyabinsk





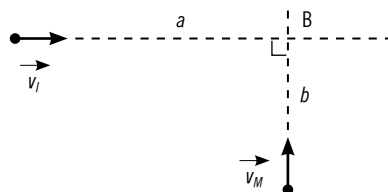
marcos tettei,
Public Domain artējs.

Sagatavojusi INESE DUDAREVA

Fizika uz ledus

Žurnāla lasītāji var izmēģināt savus spēkus, risinot uzdevumu *Ingus un Mikus uz ledus*, ko vidusskolēni veica fizikas olimpiādē 2022. gadā. Tā autors ir Kirils Surovovs. Seko 3 atlasītas uzdevuma daļas.

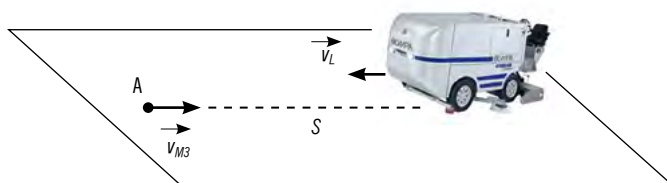
A Treneris Ingus un hokeja skolas audzēknis Mikus vienlaikus met ripu, mēģinot panākt, lai tās sadurtos kādā punktā B (skat. attēlu). Viņi atrodas attiecīgi attālumā $a = 30$ m un $b = 15$ m no šā punkta B. Trenera raidītās ripas ātrums $v_I = 8$ m/s. Berzi ar ledu var neievērot.

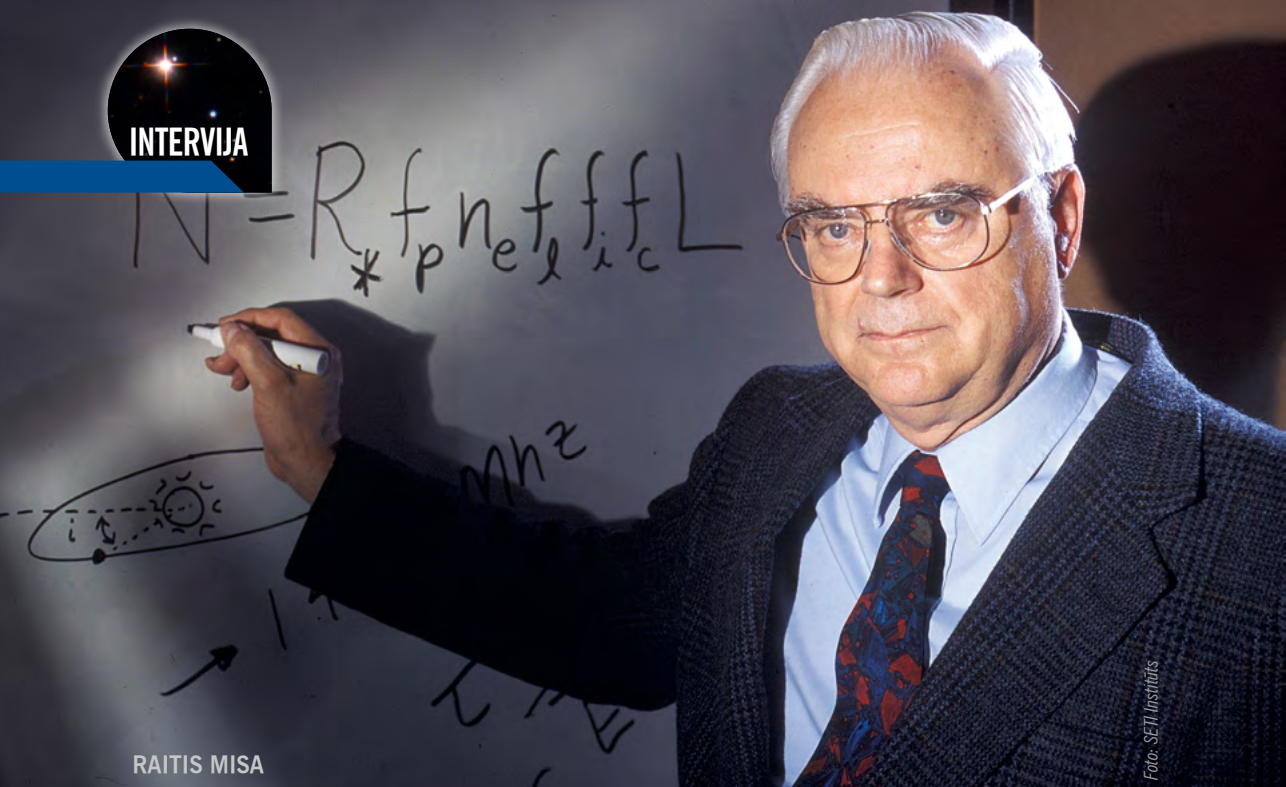


A1 Kādā intervālā ir jābūt Mikus raidītās ripas ātrumam v_M , lai abas ripas sadurtos, ja katras ripas rādiuss $r = 3,8$ cm?

A2 Pieņemsim, ka sadursme nenotika: Mikus uzsita pārāk stipri, un ripa kustas ar ātrumu $v_{M2} = 8$ m/s – tikpat ātri, cik trenera raidītā ripa. Cik liels ir minimālais attālums starp ripām kustības laikā (t. i., attālums brīdī, kad ripas atrodas vistuvāk viena otrai)?

B Kamēr Ingus tīra ledu, Mikus blēņojas: slidina ripu ledu tīrāmās mašīnas virzienā. Kustības sākumā ripa atrodas punktā A (skat. attēlu), tā kustas taisnā virzienā ar nemainīgu ātrumu $v_{M3} = 5$ m/s līdz sadursmei ar ledu tīrāmo mašīnu, kas pārvietojas ar nemainīgu ātrumu $v_L = 0,5$ m/s. Berzi ar ledu var neievērot, un ripu var uzskatīt par punktviena objektu. Ripas masa ir neievērojami maza salīdzinājumā ar mašīnas masu. Ripa absolūti elastīgā sadursmē atsitas no mašīnas un kustas atpakaļ pa to pašu līniju. Pēc cik ilga laika ripa atkal nonāks punktā A, ja ripas palaišanas brīdī attālums no punkta A līdz ledu tīrāmajai mašīnai $S = 33$ m.





RAITIS MISA

Foto: SETI Institut

Intervija ar ārpuszemes civilizāciju mednieku Frenku Dreiku

ŠOGAD MŪŽĪBĀ DEVĀS VIENS NO ĀRPUSZEMES CIVILIZĀCIJU MEKLĒTĀJIEM UN TEORĒTIĀJIEM FRENKS DREIKS. NEILGI PIRMS TAM ŽURNĀLAM ZVAIGŽNOTĀ DEBESS BIJA EKSKLUZĪVA IESPĒJA FTENKAM DREIKAM UZDOT DAŽUS JAUTĀJUMUS.

Kas notiktu, ja mēs uztvertu ārpuszemes civilizācijas signālu? Nesen publicētā pētījumā *Veiksmīgas SETI programmas ģeopolitiskās sekas* analizētas iespējamās šāda notikuma sekas. Pētījuma autori secina, ka pat vienkāršas komunikācijas

faktam, pat ar labvēlīgi noskaņotiem citplanētiešiem, būtu milzīga ietekme uz reālpolitiku. Un kā būtu, ja kontaktu nodibinātu Ziemeļkoreja un monopolizētu šo komunikāciju, iegūstot savā rīcībā supertehnoloģijas? Protams, pastāv iespēja, ka mēs, pat saņemot pilnīgu supertehnoloģijas

aprakstu, būtu situācijā, kādā būtu viduslaiku pētnieki, saņemot precīzu kodolieroča tehnisko dokumentāciju. Lai kā arī būtu, galvenais pētījuma secinājums – labākā rīcība, satiekot citplanētiešus, ir pilnīga atklātība un visas iegūtās informācijas koplietošana pasaules mērogā.

Bet kāda ir iespēja, ka mēs reiz tiešām kaut vai tikai uztversim ārpuszemes civilizācijas raidītu signālu? Atbildi uz šo jautājumu, definējot tā saukto Dreika vienādojumu, aicināja meklēt Frenks Dreiks. Vienādojums ļauj aplēst to, cik tehnoloģiski attīstītu civilizāciju ir mūsu galaktikā. Te gan jāpiebilst, ka Dreika mērķis nebija precīzi aprēķināt, cik ir šādu civilizāciju. Mērķis bija veicināt diskusiju pirmās ārpuszemes saprāta meklējumiem veltītās zinātniskās diskusijas (SETI – *search for extraterrestrial intelligence*) ietvaros 1961. gadā.

Dreika vienādojums ietver virkni parametru, ko ir grūti definēt, par ko viņš arī saņēmis daļu kritikas. Piemēram, parametrs L , kas nosaka, cik ilgi ārpuszemes civilizācijas ir aktīvas un Visumā pārraida mums uztveramu signālu, vai f_c – civilizāciju daļa no to kopējā skaita, kas izstrādā pietiekami augstas tehnoloģijas, lai šādu signālu vispār noraidītu.

Bet kāds tad ir skaitlis N (Piena Ceļa galaktikā tehnoloģiski komunicēt spējīgo civilizāciju skaits)? Sākotnējā novērtējumā tika aprēķināts, ka minimālā N vērtība ir vismaz 20. Precizējot Dreika vienādojuma parametrus atbilstoši pašreizējai izpratnei, iegūtie rezultāti svārstās no novērtējuma, ka Piena Ceļā esam vieni, līdz novērtējumam, ka civilizāciju skaits Piena Ceļa galaktikā pārsniedz 15 miljonus. Kā redzams, lielas precizitātes

novērtējumam nav. Un tas arī ir saprotams, jo Dreika vienādojuma parametriem ir plaša iespējamo vērtību amplitūda.

FRENKS DREIKS

2022. gada 2. septembrī 92 gadu vecumā Frenks Dreiks devās mūžībā. Neilgi pirms tam žurnālam *Zvaigžņotā Debess* bija ekskluzīva iespēja ar e-pasta starpniecību Dreikam uzdot dažus jautājumus. Piedāvājam lasītājiem, visdrīzāk, pēdējo interviju ar Frenku Dreiku.

Intervija pie lasītājiem nonāk ar lielu Dreika dzīvesbiedres Amalas Dreikas (*Amahl Drake*) iesaisti. Amala apkopoja un augusta vidū e-pastā atsūtīja Frenka Dreika sniegtās atbildes, jo pats profesors sliktās veselības dēļ datoru vairs nelietoja.

Frenks Dreiks:

- 20. gadsimta 50. gados projekta *Ozma* ietvaros pirmais veicis novērojumus mikroviļņu frekvencēs ar mērķi uztvert ārpuszemes civilizāciju pārraidītus signālus (plašāk zināms kā SETI);
- kopā ar Karlu Sagānu izstrādājis vēstījumus uz kosmiskajiem aparātiem *Pioneer*. Tās ir divas 120 g smagas apzeltītas alumīnija plāksnes ar ziņojumu ārpuszemes civilizācijai, kas 1972. un 1973. gadā tika piestiprinātas pie *Pioneer 10* un *Pioneer 11* – pie pirmajiem kosmiskajiem aparātiem, kas lido pietiekami ātri, lai atstātu Saules sistēmu;
- kopā ar Karlu Sagānu izstrādājis *Aresibo* ziņojumu. Tas ir ziņojums ārpuszemes civilizācijām, kas satur informāciju par Zemi un tās iedzīvotājiem. Tas 1974. gadā ar *Aresibo* radioteleskopu nosūtīts zvaigžņu kopas M13 virzienā;
- kopā ar nākamo sievu Amalu piedalījies kosmisko aparātu *Voyager* zelta plašu izstrādē. Šādas plates, kas saturēja informāciju par Zemi un dažādus ierakstus, ir piestiprinātas pie abām *Voyager* zondēm. Amala bija darba grupā, kura izvēlējās attēlus, kas tika ierakstīti plates datu celiņā.



Foto: Frenka Dreika privātais arhīvs

Amala (*Amahl Shkhashiri*, nākamā Dreika sieva) un Frenks Dreiks 1977. gadā, vērojot kosmiskā aparāta *Voyager 2* startu. Tā sauktais zelta ieraksts, kas tika piestiprināts pie *Voyager* zondēm, ir Frenka Dreika ideja, kas viņam radās, ceļojot uz Havajām kopā ar Karlu Sagānu 1977. gada janvārī. Amala bija šā ieraksta foto sadaļas izstrādes komandā. Viņa pati saka – redzot, kā tas pamet Zemi, uzmetās zosāda

Dreika vienādojums

Frenks Dreiks 1961. gadā formulēja vienādojumu, kas novērtē ārpuszemes civilizācijas, ar kurām būtu iespējams sazināties. Tas sastāv no 7 savstarpēji reizinātiem parametriem:

$$N = R_* \times f_p \times n_e \times f_1 \times f_i \times f_c \times L$$

- N – civilizāciju skaits, ar kurām būtu iespējams sazināties;
- R_* – zvaigžņu veidošanās intensitāte Mūsu galaktikā;
- f_p – to zvaigžņu daļa, kurām ir planētas;
- n_e – vidējais planētu skaits pie zvaigznes, kurām ir planētas;
- f_1 – to planētu daļa, kas spēj nodrošināt dzīvību, kura sāk attīstīties;
- f_i – daļa no dzīvību nodrošinošām planētām, kas var attīstīt saprātīgu dzīvību;
- f_c – to civilizāciju daļa, kura spēj attīstīt tehnoloģiju, kas rada no kosmosa reģistrējamas civilizācijas pazīmes vai signālus;
- L – laiks, kurā civilizācijas raida kosmosā reģistrējamas civilizācijas pazīmes.

Zvaigžņotā Debess: Vai

un kā arvien jauni citplanētu atklājumi ietekmē Dreika vienādojumu?

Frenks Dreiks: Tūkstošiem atklāto citplanētu ļauj noteikt vērtību vienam no Dreika vienādojuma parametriem. Tas ir ļoti labi. Parametra f_p

noteikšana Dreika vienādojumā ir liels solis uz priekšu, lai noteiktu pārējos vienādojuma parametrus. Piemēram, kāda daļa no citplanētām ir apdzīvojamas, uz cik planētām attīstās dzīvība, kāda daļa no tām ir tehnoloģiski attīstītas civilizācijas, un – gala

rezultātā – cik no šīm planētām ir tādas, uz kurām mēs varam šīs civilizācijas noteikt, uztverot to raidītos signālus.

Zvaigžņotā Debess: Ko reāli var paveikt, lai gūtu drošus pierādījumus citplanētu saprāta eksistencei SETI projekta kontekstā?

Frenks Dreiks: Reāli vienīgais veids ir tiešām uztvert signālu, kas satur informāciju, ko radījušas citplanētu tehnoloģijas.

Zvaigžņotā Debess: Kā cilvēki un sabiedrība reaģētu, ja mēs gūtu apstiprinājumu tam, ka citplanētu civilizācija tiešām eksistē?

Frenks Dreiks: Šāds atklājums pirmām kārtām tiks publikots nekavējoties, uzreiz pēc tā patiesuma pārbaudes. Mēs īsti nezīnām, kā pasaules iedzīvotāji reaģēs uz šādām ziņām. Bet es varu iedomāties, ka reakciju dažādība būtu liela. Vieni par to šaubītos, citi būtu šausmās, valdības mēģinātu to kontrolēt, bet man ir nojausma, ka lielākā daļa par to patiesi priecātos. Tajā pašā laikā zinātnieki būtu aizņemti ar to, ka analizētu un atšifrētu saņemtā ziņojuma saturu, mēģinātu noskaidrot, no kurienes ziņojums nācis un cik tālu no mums šī tehnoloģiski attīstītā civilizācija atrodas, utt.

Mēs īsti nezīnām, vai mēs varētu uzticēties citplanētu civilizācijas pārstāvjiem, ja tie nolaistos pie mums. Bet es nedomāju, ka tas ir ļoti ticami, ka viņi pie mums atceļos. Milzīgie kosmiskie attālumai prasa ilgu laiku, lai tos pārvarētu. Šāda tāla ceļojuma

commons.wikimedia.org Juan.alcalde231



Aresibo radioteleskopa galvenais reflektors un trosēs iekārtā instrumentu platforma



NASA/JPL

Kosmiskā aparāta *Voyager* zelta ieraksts

izmaksas ir milzīgas, un tas ir faktors, kas izslēgs citplanētiešu fizisku ierašanos pie mums.

Un jā – mums ir labi zināma mūsu pašu kolonizācijas vēsture. Man ir sajūta, ka mūsu planēta ir drošībā no citplanētiešu kolonizācijas. Galvenokārt tāpēc, ka mūs šķir milzīgi attālumi. Notiks tikai informācijas apmaiņa – informācijas, kas tiks noraidīta kā signāli. Tas būs vienīgais komunikāciju veids.

Zvaigžnotā Debess: Vai mēs kādreiz tiešām radīsim pierādījumus citplanētu saprāta eksistencei? Viens ir, piemēram, atklāt mikrobus uz Marsa, bet inteliģentu būtņu atklāšana ir pilnīgi kaut kas cits.

Frenks Dreiks: Jā, pierādījumi būs. Galaktika ir milzīga, mēs jau zinām, ka tajā ir ļoti daudz citplanētu, un mēs varam noteikt, ka uz tām ir daudz elementu, kas

nepieciešami dzīvības attīstībai. Tas ir tikai laika un mums pieejamo izpētes resursu jautājums, kā arī tehnoloģijas attīstības jautājums. Es esmu pārliecināts, ka mēs neesam vieni.

Zvaigžnotā Debess: Kurš ir jūsu labākais sasniegums? Vai Dreika vienādojums, daļība *Aresibo* ziņojuma izstrādē un nosūtīšanā, vai fakts, ka reāls, fiziski taustāms ziņojums citplanētu civilizācijām ceļo Visumā uz kosmisko aparātu borta? Vai kaut kas cits?

Frenks Dreiks: Ir patiešams prieks apzināties, ka tavš darbs ir licis pamatus jaunai astronomijas nozarei. Šo gadu laikā, kopš *Ozma* projekta, daudzas tehnoloģijas ir attīstījušās, un mūsu meklējumi ir kļuvuši plašāki un ātrāki. Daudz vairāk cilvēku veido karjeru šajā astronomijas novirzienā. Dreika vienādojums ir izturējis laika

pārbaudi, tas turpina piesaistīt sabiedrības uzmanību un izraisa entuziasmu. Un arvien vairāk valstu iesaistās meklējumos, kuru mērķis ir rast atbildi uz šo lielo jautājumu – vai mēs Visumā esam vieni?

Zvaigžnotā Debess: Ko varat ieteikt mazām valstīm, kā Latvija, kas varbūt neradīs orbitālās raķetes, bet kuru cilvēkiem ir entuziasms un vēlme izzināt kosmosu?

Frenks Dreiks: Vienmēr saglabājiet šo entuziasmu. Mums, SETI institūtā, ir zinātnieki no visas Zemes, kuri strādā dažādos kosmosa izpētes projektos. Savu pie nesumu citplanētu civilizāciju atklāšanā un Visuma izzināšanā var dot ne tikai valstis, kas palaiž raķetes. 🦋

Resursi:

Dž. T. Raitis un līdzautori.

Veiksmīgas SETI programmas ģeopolitiskās sekas (angļu val.).

Laiklēciena video izveide

FOTOGRAFĒJOT NAKSNĪGĀS DEBESIS, IESPĒJAMS UZŅEMT INTERESANTUS DAŽĀDU DEBESS OBJEKTU ATTĒLUS. SAVUKĀRT UZŅEMOT SECĪGU ATTĒLU VIRKNES, IESPĒJAMS IEMŪŽINĀT ARĪ ZVAIGŽNOTĀS DEBESS KUSTĪBU.

Parasti debess kustība ir lēna, un, lai to pamanītu, nepieciešams vērot vai fotografēt debess ķermeņus ilgākā laikā. Tās var būt gan dažas sekundes mākoņu vai mākslīgo zemes pavadoņu pārvietošanās gadījumā, gan vairākas minūtes, lai pamanītu zvaigžņu vai Piena Ceļa pārvietošanos debessjumā Zemes rotācijas dēļ. Lai pamanītu Mēness kustību pret zvaigznēm, nepieciešama aptuveni stunda. Tāpat, piemēram, lai ieraudzītu komētu (tām esot Zemei tuvākajā attālumā) kustību pret zvaigznēm, būs nepieciešamas dažas stundas. Protams, ir arī tādi objekti, kuru kustības novērtēšanai ir vajadzīgas dienas, mēneši, gadi un vēl daudz lielāki laika posmi.

Lai šādu lēnu kustību parādītu videoklipā, nepieciešams to parādīt paātrināti, tad skatītāji varēs ieraudzīt pārvietošanos laikā, kas daudz

mazāks par laiku, kurā pārvietojas fotogrāfijās uzņemtie objekti. Tipiski šādu videoklipu garumi varētu būt robežās no 20 sekundēm līdz 2 minūtēm. Atskaņojot šādu – laiklēciena – videoklipu, kustība šķietami notiek ātrāk nekā reālajā laikā (“laiks lec”).

Digitāls video ieraksts pēc būtības ir nekustīgu attēlu (*kadru*) virkne, kas ar noteiktu biežumu tiek parādīta ekrānā, tādējādi radot kustīgu objektu efektu. Kadru frekvence ir attēlu skaits, kas, atskaņojot video, sekundes laikā nomaina cits citu. Lai cilvēka redze attēlu virkni uztvertu kā kustību, nevis atsevišķus attēlus, kadru frekvencei ir jāpārsniedz 10–12 kadri sekundē. Tipiskas video kadru frekvences ir, piemēram, 24, 25, 30, 50 un 60 kadri sekundē. Šādas frekvences ir lietotas arī standarta video veidošanā, tostarp amatieru fotokameras

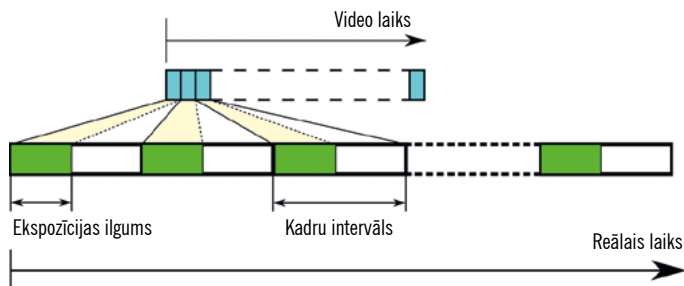
un viedtālruni video uzņem ar kādu no šīm frekvencēm.

Laiklēciena fotografēšana ir video izveidošanas metode, kurā kadru uzņemšanas biežums ir daudz mazāks nekā video kadru frekvence. Tas ļauj ilgāku notikumu paātrināti parādīt daudz īsākā laikā. Ieteicamā minimālā laiklēciena video kadru frekvence ir starp 20 un 30 kadriem sekundē, vislabāk – 25 kadri sekundē.

Kādēļ gan vienkārši neuzņemt video ar fotokamerā pieejamo video režīmu un pēc tam to paātrināti parādīt? Pirmkārt, ekspozīcijas ilgums šādā gadījumā nebūs lielāks par video kadru ilgumu (piemēram, 1/25 sekundes). Ar šādu ekspozīcijas ilgumu pārsvarā nepietiek nakts ainu uzņemšanai. Lai gan mūsdienās eksistē arī kameras ar lielu jutību un pieņemamu trokšņu līmeni, kas potenciāli ļauj šo ierobežojumu apiet. Otrkārt,

bieži vien amatieru fotokameru izšķirtspēja video režīmā ir mazāka nekā attēlu uzņemšanas režīmā. Vēl arī, uzņemot video un to paātrināti rādot ar kādu no video kadru frekvencēm, netiek izmantoti visi video uzņemtie kadri.

Lai izplānotu laiklēciena video uzņemšanu, sākumā jānovērtē, ar kādu intervālu uzņemt fotoattēlu rindu. Nosakot intervālu, pirmām kārtām jāņem vērā, cik ātri pārvietojas objekti, ko vēlas ietvert uzņemtajā video. Ja intervāls būs pārāk garš, objekti attēlā starp kadriem pārvietosies pārāk ātri, līdz ar to izveidotajā videoklipā objektu pārvietošanās būs ļoti ātra un raustīga. Objekta pārvietošanās ātrumu videoklipā var izteikt pikseļos uz vienu kadru. Ideālā gadījumā, ja starp kadriem objekts nepārvietojas vairāk kā par vienu pikseli, nebūs raustīšanās. Praktiskās



Laiklēciena video kadru intervāla un ekspozīcijas ilguma shēma

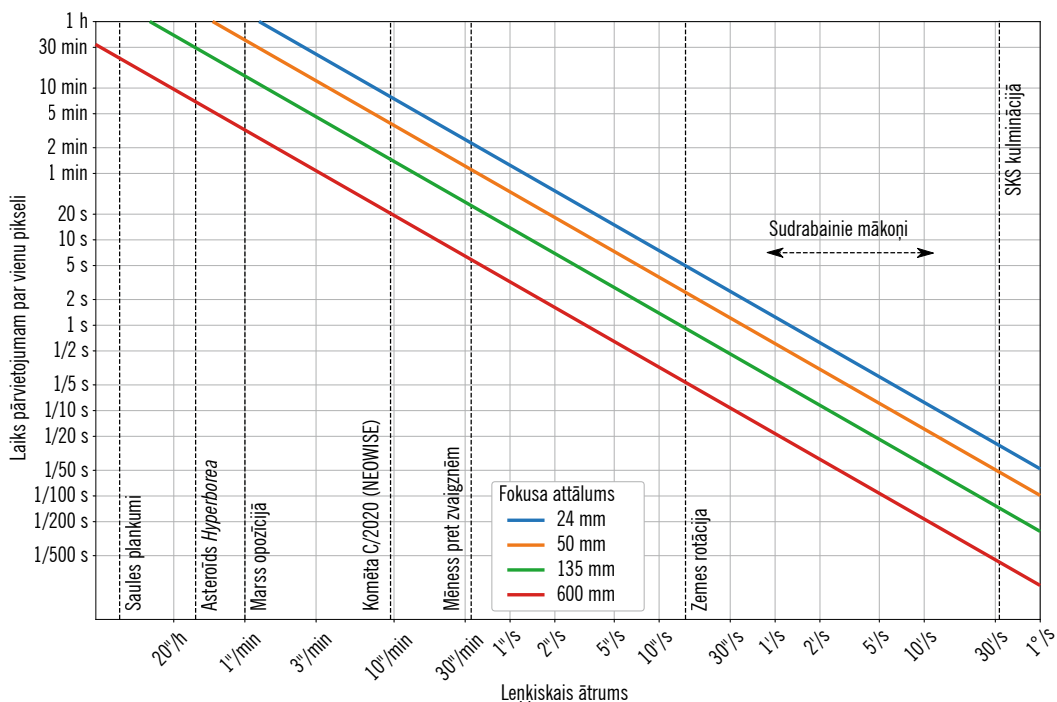
situācijās parasti var iztikt arī ar lielāku ātrumu, tādējādi samazinot nepieciešamo kadru skaitu. Daļēji raustīšanos var novērst, izvēloties ekspozīcijas laiku, kas ir samērojams (bet mazāks) ar intervāla laiku. Tas rada kustības izplūšanu (*motion-blur*), jo kustīgie objekti pārvietojas ekspozīcijas laikā. Piemēram, fotografējot zvaigznes, rodas zvaigžņu ceļi; fotografējot mākoņus ar lielu ekspozīcijas ilgumu, tie izplūst kustības virzienā. Izplūdusi kustība vizuāli ir

gludāka nekā raustīga kustība. Ir speciālas datorprogrammas, kas ļauj samazināt raustīšanos, starp kadriem ievietojot papildus *interpolētus* kadrus.

Šķietamais ātrums animācijā ir atkarīgs arī no objektīva fokusa attāluma – objektam, kas pārvietojas ar vienu un to pašu leņķisko ātrumu, garāka fokusa attāluma objektīvam ir lielāks ātrums pikseļos uz vienu kadru, līdz ar to būtu jāizvēlas mazāks attēlu uzņemšanas intervāls. 1. tabulā parādīti dažu objektu

1. tabula. Pārvietojums viena kadra laikā

Objekts	Fokusa attālums, 35 mm ekvivalents	Intervāls, sek	Pārvietojums viena kadra laikā, pikseļi, 4K kadra izmērs (3840 x 2160)
Zvaigznes, debess ekvatora tuvumā	24	10	1,9
	50	10	3,9
	135	10	10,5
Mēness attiecībā pret zvaigznēm	135	60	2,3
	300	60	5,1
	600	60	10,2
Sudrabainie mākoņi (novērtējums aptuvens, var plaši variēt)	35	7	2–7
	24	7	1–5
Ziemeļblāzma (novērtējums aptuvens, var plaši variēt)	24	Pie horizonta 6 Augustu debesjumā 1	1–2 10 un vairāk
Ziemeļblāzma, stari	24	6	Līdz 30 un vairāk



Diagramma, kas norāda laiku, kurā objekts attēlā pārvietojas par 1 pikseli atkarībā no objekta leņķiskā ātruma. Tā izveidota 4K attēla izmēram (3840 x 2160 pikseli) vairākiem fokusa attālumiem (35 mm ekvivalents). Doti arī dažu objektu piemēri. Jāizvēlas objekta leņķiskais ātrums un, zinot fokusa attālumu, jānolasa laiks pārvietojumam par vienu pikseli no atbilstošās līknes. Izvēloties, par cik pikseliem ir pieļaujams pārvietojušs starp laiklēciena video kadriem, var novērtēt nepieciešamo kadru intervālu

pārvietošanās ātrumi pikselos viena kadra laikā. Fotografējot zvaigznes ar platleņķa objektīvu bez sekošanas iekārtas, var izvēlēties ekspozīciju un intervālu līdz 30 sekundēm, turpretī, fokusa attālumam palielinoties, būtiski jāsamazina intervāls un līdz ar to arī ekspozīcijas ilgums.

Tāpat ļoti svarīgi novērtēt, cik ilgu laika posmu aptvers laiklēciena video. Tas ļaus novērtēt, cik kadru būs nepieciešams uzņemt ar izvēlēto intervālu, kā arī to, cik garš būs izveidotais video. Piemēram, ja izvēlētais intervāls starp kadriem ir

10 sekundes, tad vienu stundu ilgs laika posms sastāvēs no 360 kadriem (1 stunda = 3600 sekundes/10 sekundes = 360 kadri), kas, ja ir izvēlēta atskaņošanas kadru frekvence 24 kadri sekundē, atbildīs 15 sekundēm izveidotajā video (360 kadri/24 kadri sekundē = 15 sekundes). Ieteicams neizvēlēties pārāk īsu intervālu, lai neuzņemtu pārāk daudz kadru, kas var apgrūtināt attēlu pēcapstrādi, kā arī palielina fotokameras nolietošanos. Pēc noteikta uzņemto attēlu skaita var izlādēt fotokameras akumulators vai pārpildīties atmiņas karte.

Fotografējot naksnīgās debesis un ainavas naktī, ekspozīcijas ilgums var sasniegt 20–30 sekundes. Kad izvēlētais ekspozīcijas ilgums ir liels un ir tuvs vēlamajam intervālam starp kadriem, tieši ekspozīcijas ilgums ir jāņem vērā, izvēloties kadru intervālu. Būtu jānovērtē, cik ilgs laiks ir nepieciešams konkrētajai fotokamerai, lai uzņemto attēlu apstrādātu un ierakstītu atmiņā. Kadru intervālam būtu jābūt lielākam par ekspozīcijas ilguma un apstrādes ilguma summu. Tipiskam ekspozīcijas ilgumam, ko varētu izmantot plaša lauka



Zvaigžņu ceļi. Veidojot laiklēciena kadru sēriju, kas demonstrē zvaigžņu un Piena Ceļa pārvietošanos debesjumā Zemes rotācijas ietekmē, papildus iespējams izveidot arī zvaigžņu ceļu attēlus. Kombinētajā attēlā, kas uzņemts 2020. gada 13. augustā, apmēram pusotras stundas laikā, papildus zvaigžņu ceļiem redzami arī vairāki meteori, satelīti un lidmašīnas

astrofotografēšanā (5–30 sekundes), apstrādes ilgums parasti ir 1–2 sekundes. Atkarībā no pieejamā fotokameras modeļa, to ir ieteicams katram noteikt praktiski.

Fotografējot spilgtākus objektus, piemēram, sudrabainos mākoņus, ekspozīcijas ilgums var nesasniegt intervāla ilgumu, tas var būt pat ievērojami mazāks.

Daudzās fotokamerās un viedtālrunos jau ir iebūvētas laiklēciena video (*time-lapse*) uzņemšanas iespējas. Izvēloties šo iespēju, lietotājam tikai jāiestata kadru uzņemšanas intervāls. Tālāko

automātiski izdarīs iekārta, iegūstot videoklipu kādā no standarta video formātiem. Ja šādas iespējas iekārtā nav vai ir nepieciešama papildu apstrāde attēliem, kas veidos laiklēciena video, nepieciešams uzņemt atsevišķu attēlu virkni. Lai to izdarītu, vajadzīgs intervāla taimeris. Daudzās fotokamerās tas jau ir, bet iespējams arī iegādāties atsevišķu distancē slēdzi ar iebūvētu taimeru, kurā var iestatīt kadru uzņemšanas intervālu.

Tā kā laiklēciena attēlu rindas uzņemšana ir ilga, jānodrošina, lai fotokamera būtu

nekustīga, lai fotokameras fokuss būtu nemainīgs visu laiku. Pirms laiklēciena video uzņemšanas fotokamera jānovieto uz stabila statīva. Lai kadru sērijas uzņemšanas laikā nemainītos objektīva fokuss, ieteicams atslēgt autofokusēšanas iespēju un jāveic objektīva fokusēšana ar roku, vislabāk priekšskatījuma režīmā (*live-view*). Ilgstošas kadru virknes uzņemšanas laikā uz objektīva var veidoties rasa. Īpaši izteikti tas ir vēsākās vasaras naktīs, kad gaisa mitrums ir lielāks un ir bezvējš. Ja iespējams, vajadzētu lietot objektīva



Mēness kustība debesjumā un pret zvaigznēm. Kombinētajā attēlā parādīti septiņi secīgi Mēness novietojumi debesjumā apmēram 20 minūšu laikā. 2022. gada 4.martā Mēness aizsedza divas 6. zvaigžņlieluma zvaigznes. Attēlā zvaigznes paspīlgtinātas, lai labāk demonstrētu aizklāšanu un atklāšanu. Pieaugošs divas dienas vecs Mēness, kas nav pārāk spilgts, ir pateicīgs objekts laiklēciena video uzņemšanai. Var redzēt, kā tiek aizsegta un atsegta zvaigznes. Mēness debesjumā Zemes rotācijas ietekmē pārvietojas 27,3 reizes ātrāk nekā pret zvaigznēm

sildītāju, kas vismaz daļēji palīdz novērst rāsas veidošanos. Nevajadzētu fotografēšanu sākt uzreiz pēc tam, kad iekārta ir pārvietota no siltākas vietas uz aukstāku; tas var radīt fokusa izmaiņas.

Svarīgi arī izvēlēties fotokameras ekspozīcijas iestatījumus – režīmu, ISO jutību, diafragmas atvērumu un ekspozīcijas ilgumu. Šie parametri ir atkarīgi gan no pieejamās fotokameras un objektīva, gan no uzņemtā objekta. Ja apgaismojuma

intensitāte paredzamajā uzņemšanas laikā mainās maz, ieteicams izvēlēties manuālo (*M režīms*) režīmu un nofiksēt ekspozīcijas iestatījumus visam laikam. To vislabāk izdarīt, veicot dažus izmēģinājuma kadrus, pielāgojot ekspozīciju uzņemšanas apstākļiem. Daudz sarežģītāk ir tad, kad apgaismojuma intensitāte uzņemšanas gaitā mainās būtiski, piemēram, ja ir nepieciešams vienā laiklēciena video attēlot pāreju no krāsas apstākļiem uz pilnībā

tumšu nakti. Ja gaišākie kadri nav pārgaismoti, tad daļēji šo problēmu iespējams novērst pēcspērdē, mainot kadru spilgtumu (tas gan palielina trokšņa līmeni attēlos). Lai to nedarītu katram kadram atsevišķi, būs nepieciešama attēlu apstrādes programmatūra, kas ļauj saskaņot kadru spilgtumu un citus parametrus attēlu virknei (piemēram, speciāla laiklēciena video izveides programma *LRTimelapse*). Uzņemšanas gaitā iespējams arī izmantot



Komētas pārvietošanās attiecībā pret zvaigznēm. Lai izveidotu komētas pārvietošanās lauklēciena video, kamera jānovieto uz sekošanas iekārtas. Komētām atrodoties to orbītas Zemei tuvākajā punktā, parasti minimāli nepieciešama viena stunda, lai izveidotu video, kas demonstrē to pārvietošanos. Kombinētajā attēlā, kas uzņemts 2021. gada 7. decembrī, parādīts, par cik stundas laikā attiecībā pret zvaigznēm bija pārvietojušies komēta C/2021 A1 (Leonard). Šajā laikā komētas pārvietošanās pret zvaigznēm debesjumā bija 12'30". Attēls uzņemts ar fokusa attālumu 500 mm

fotokameras automātisko ekspozīcijas noteikšanas iespēju, piemēram, uzņemot attēlus režīmā, kurā nofiksēts diafragmas atvērums (*A režīms*) un ISO – tādā gadījumā atkarībā no apgaismojuma kamera piemeklēs vajadzīgo ekspozīcijas ilgumu. Šādas metodes trūkums ir tas, ka ekspozīcijas ilgums būs būtiski atšķirīgs gaišākajā un tumšākajā lauklēciena video daļā, līdz ar to arī kustības izplūšana (*motion-blur*) būs dažāda.

Uzņemto attēlu virknei iespējama arī mirgošana (*flicker*) starp kadriem, ko izraisa strauja apgaismojuma maiņa, nepilnīga diafragmas atvēršanās un nelielas izmaiņas ekspozīcijas ilgumā (pat ja ekspozīcijas iestatījumi ir nofiksēti). Šādu mirgošanu ir samērā grūti novērst pēcprātā, tam var būt nepieciešama arī specializēta programmatūra, kas nodrošina *atmirgošanu* (*deflicker*)

Laiklēciena video iespējams veidot, kamerasi esot arī uz sekošanas iekārtas (*star tracker*). Tad zvaigznes izveidotajā animācijā būs nekustīgas, bet objekti, kas pārvietojas attiecībā pret zvaigznēm, – kustīgi. Šādā veidā var demonstrēt, piemēram, horizonta kustību pret zvaigznēm. Iespējams arī izveidot videoklipus, kur debess ķermeņi – Mēness, planētas, asteoroīdi vai komētas – pārvietojas attiecībā pret zvaigznēm.

Ja uzņemta atsevišķu attēlu virkne, nepieciešams to apstrādāt un pārveidot kādā video formātā. Sākotnēji jāizlemj, kādā malu attiecībā veidot gala videoklipu. Lai gan iespējams to darīt jebkurā proporcijā, videoklipi tiek veidoti pārsvarā ar malu attiecību 16 : 9. Attēlu malu attiecība fotokamerās parasti ir 3 : 2. Līdz ar to, veidojot videoklipu, sākotnējie attēli būs jākadre (“jāapgriež”). Tas būtu

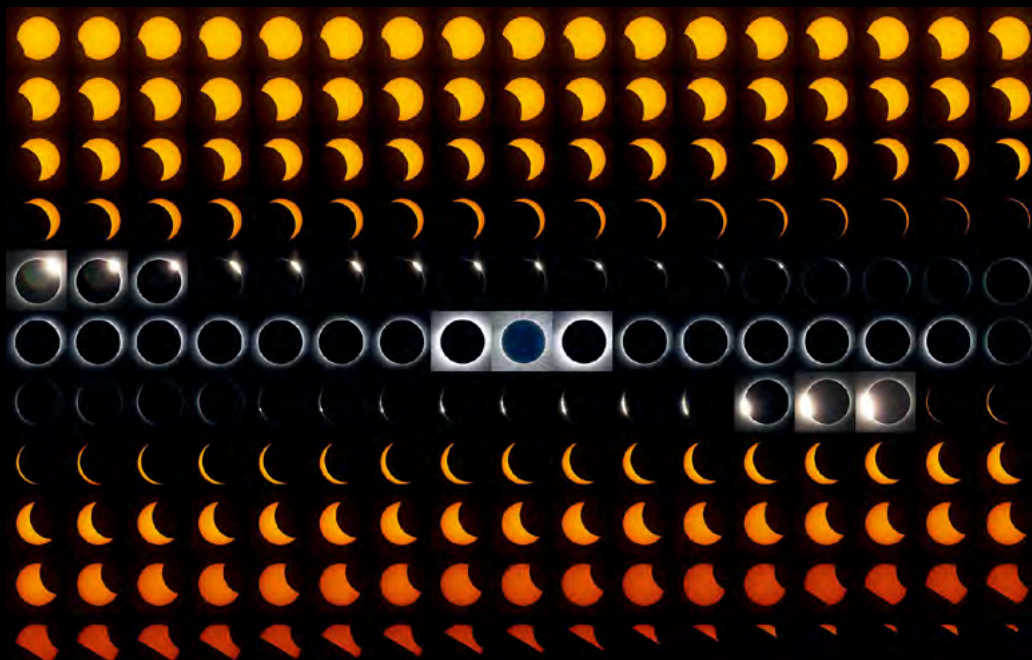
jāņem vērā jau kadru uzņemšanas gaitā, novietojot kadra augšpusē un/vai apakšpusē svarīgus attēla elementus.

Attēlu apvienošanai jāizmanto kāda no datorprogrammām, kas paredz šādu iespēju. Rakstā nav iespējams aptvert šo programmu plašo klāstu, tāpēc pieminēsim tikai dažas.

Pašas vienkāršākās ir ērti lietojamas, ja pirms tam ir sagatavota secīgu attēlu virkne (parasti *JPG* formātā). Ļoti ērti lietojama ir programma *Startrails*, kas domāta pamatā zvaigžņu svītru attēlu veidošanai, bet no šiem pašiem attēliem ļauj arī izveidot video failu. Vienkārši lietojama ir arī *Windows Movie Maker* programma, kurā ir iespējams ielasīt attēlu virkni, norādīt kadru ilgumu, pārkārtot kadru secību, pievienot pārejas efektus u. tml. Šādas vienkāršākās programmas tomēr parasti

2. tabula. Ieteicamais ekspozīcijas un intervāla ilgums dažādu nakts ainu lauklēciena video izveidē

Objekts vai aina	Tipisks ekspozīcijas ilgums	Tipisks kadru intervāls	Ieteicamais minimālais uzņemšanas ilgums
Zvaigžņu vai Piena Ceļa pārvietošanās debesjumā Zemes rotācijas ietekmē	10–20 sekundes	Ekspozīcijas ilgums + kadru apstrādes ilgums	1 stunda
Sudrabainie mākoņi	1–5 sekundes	5–10 sekundes	30 minūtes
Ziemeļblāzma	1–10 sekundes	1–15 sekundes	30 minūtes
Mēness pārvietošanās pret zvaigznēm, zvaigžņu aizklāšana (ar sekošanas iekārtu)	Atkarīgs no Mēness fāzes	20 sekundes	1 stunda
Komētas (ar sekošanas iekārtu)	30–120 sekundes un vairāk	Ekspozīcijas ilgums + kadru apstrādes ilgums	1 stunda
Saules aptumsuma daļveida fāze (ar sekošanas iekārtu)	Ar saules filtru (!) 1/50–1/200 sekundes	10–20 sekundes	1–3 stundas



Saules aptumsuma kolāža. Objektam, kuriem laiklēciena video uzņemšanas laikā būtiski mainās to attēls, piemēram, Saules un Mēness aptumsumiem, papildus laiklēciena video secīgu attēlu izmaiņu var demonstrēt arī kolāžas veidā. Kombinētais attēls demonstrē 2019. gada 2. jūlija pilna Saules aptumsuma gaitu, fotografēts Čīlē, netālu no Vikunjas. Saules aptumsuma kopējais ilgums bija 2 stundas 10 minūtes, pilnās fāzes ilgums – 2 minūtes 19 sekundes. Lai laiklēciena video pilnīgāk demonstrētu svarīgākās notikuma daļas, piemēram, aptumsuma pilno fāzi, laiklēciena video iespējams veidot, mainot kadru intervālu dažādās video daļās.

Ar kvadrātkodiem atver autora sagatavotus laiklēciena video:



neļauj lietotājam kontrolēt video izveides iestatījumus – kadru frekvenci, video saspiešanas metodes u. c.

Vairākās attēlu apstrādes programmās, piemēram, *Adobe Photoshop*, ir iebūvēta iespēja veidot laiklēciena

video no attēlu virknes. Šeit var ne tikai izveidot video, bet arī pirms tam veikt attēlu virknes apstrādi – visu kadru vienlaicīgu kadrēšanu vai to spilgtuma un krāsu maiņu u. c.

Specializētas laiklēciena video izveides programmas,


piemēram, *LRTimelapse*, ļauj lietotājam plašāk kontrolēt iestatījumus, kā arī paredz laiklēciena video izveidei būtiskas iespējas – mirgošanas novēršanu, ekspozīcijas un krāsu bilances saskaņošanu u. c. 



Foto: Juris Šepiļovs

Jelgavas novads, 2022. gada 22. jūnijs, plkst. 1.00

Sudrabaino mākoņu projekts 2022. gadā

Latvijas amatieru astronomijas kustība vēsturiski interesējusies ne tikai par īsteniem debess objektiem, bet arī par vasaras naktīs novērojamiem sudrabainajiem mākoņiem, kas atrodas atmosfēras augšējos slāņos. *Zvaigžnotā Debess* ir rakstījusi par Latvijas Astronomijas biedrības (LAB) novērojumu projektiem 20. gadsimta otrajā pusē (skat. 2021. gada pavasara numuru) un 2021. gada vasarā organizēto sinhrono novērojumu projektu (skat. 2021. gada

rudens numuru). Iegūtā attēlu bāze līdz šim nav raisījusi skolēnu vai studentu interesi, kuri gribētu veikt zinātniskos pētījumus, tomēr viens no aktīvākajiem sudrabaino mākoņu novērotājiem Juris Seņņikovs uzreiz pēc sudrabaino mākoņu sezonas noslēguma ar paša veidotu datorprogrammu ķērās pie attēlu apstrādes. *Python* programmēšanas valodā rakstītā programma ļauj pēc raksturīgajām zvaigznēm pusautomātiski pozicionēt telpā fotogrāfijās redzamos sudrabainos mākoņus.

Ar šīs programmas galvenajiem algoritmiem un lietošanu var iepazīties LAB 2021. gada oktobra sanāksmes ierakstā. Kopš 2022. gada vasaras programma ir brīvi pieejama *GitHub* repozitorijā: <https://github.com/jsenniko/sudrabainiemakoni>.

Ņemot vērā samērā interesantos pirmā gada rezultātus, kad izdevās vienlaikus iegūt attēlus no Jūrmalas, Jelgavas un Burtniekiem, radās doma atkārtoti veikt sudrabaino mākoņu novērojumus arī 2022. gadā. Metodika īpaši

nemainījās – galvenā novērojumu sinhronizācijas platforma bija *WhatsApp* grupa *Debess novērojumu alert*. Līdz sudrabaino mākoņu sezonas sākumam grupā bija jau vairāk nekā 70 dalībnieku, un tas deva cerību, ka veidosies pāri ar novērojumu punktiem, starp kuriem būtu 100 kilometru vai lielāks attālums (īpaši austrumu – rietumu virzienā). Tomēr cerētais īsti nepiepildījās – visas vasaras garumā aktīvi darbojās divi novērotāji Jelgavā un pa kādam novērotājam Rīgā vai citviet Latvijā. Viena interesanta novērošanas reize izdevās 22. jūnijā pulksten 1.00 starp Jelgavu un Tallinu.

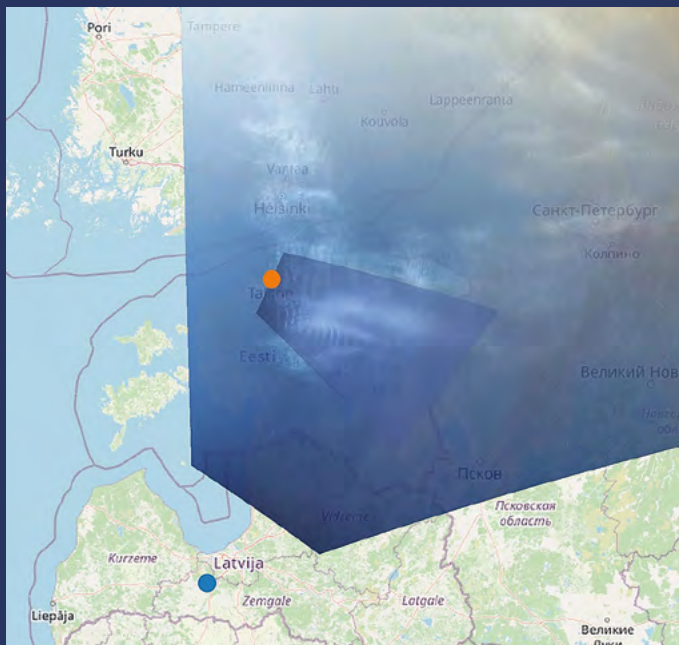
Kopumā 2022. gada sudrabaino mākoņu attēlu kolekcijā ir 61 fotoattēls, kas iegūti periodā no 12. jūnija līdz 30. jūlijam. Šajā reizē ieraksta autoriem pie attēla informācijas bija iespēja norādīt arī pamata meteoroloģiskos rādītājus – temperatūru, gaisa spiedienu, vēja virzienu. Pēc sudrabaino mākoņu sezonas noslēguma semināra *Ērglis 2022* laikā notika nelieli laboratorijas darbi sudrabaino mākoņu attēlu apstrādē, tomēr joprojām ir vieta paplašinātai analīzei uz 2021. un 2022. gada iegūto attēlu un laiklēciena video bāzes. Interesenti aicināti pieteikties. 📧

Ar sudrabaino mākoņu sinhronās novērošanas apstrādes programmu Jelgavas novadā (lielais uzklātais attēls) un Tallinā (mazais attēls) iegūto attēlu projekcija uz kartes



Foto: Māris Krastiņš

Tallina, 2022. gada 22. jūnijs, plkst. 1.00



Hyperborea ēnas medības

2022. GADA VASARĀ TRĪS ASTRONOMIJAS AMATIERI MĒĢINĀJA DOT SAVU IEGULDĪJUMU ASTEROĪDA *HYPERBOREA* (1309) FORMAS NOTEIKŠANĀ. REZULTĀTS BIJA NEGATĪVS, BET IEGŪTA VĒRTĪGA PIEREDZE UN VĒLME JAU TUVĀKAJĀ LAIKĀ VEIKT POZITĪVUS NOVĒROJUMUS.

KONTEKSTS

2021. gada nogalē astronomijas amatieru grupa sāka plānot astronomiska notikuma – zvaigznes aizklāšanas ar asteroīdu – novērojumus (par to vairāk skatīt rakstā *Vaļasprieks – mūsdienīgi asteroīdu novērojumi*, žurnāls *Zvaigžņotā Debess*, 2021/2022 Ziema). Katru gadu astronomijas amatieri reģistrē tūkstošiem šādu notikumu. Tomēr gaidāmā asteroīda *Hyperborea* (1309) radītā aizklāšanās 2022. gada 23. augustā bija īpašs notikums – Latvijas Astronomijas biedrība secināja, ka pirmo reizi tajā piedalīsies novērotāji no Latvijas.

Zvaigžņu aizklāšanas novērojumu mērķis ir izmērīt asteroīda izmēru un formu. Tas tiek darīts, izmērot zvaigznes satumšanas ilgumu, kas visbiežāk ilgst tikai dažas sekundes. Asteroīda ēna pārvietojas

pa Zemi pa šauru, parasti desmitiem kilometru platu, ceļu atkarībā no asteroīda lieluma. Novērotājs ceļa iekšpusē redz, ka zvaigzne uz īsu brīdi pazūd – notikums ir pozitīvs, pārējie ir negatīvi, tomēr arī tie var būt noderīgi, lai precizētu pozitīvos novērojumus citviet. Šo notikumu novērošanai var izmantot vairākas metodes.

GATAVOŠANĀS

Saskaņā ar aprēķiniem 23. augustā pulksten 03:18 zvaigzni TYC 5196-01212-1 (9.5. zvaigžņlielums) Ūdensvīra zvaigznājā asteroīdam *Hyperborea* (1309) (15.5 zvaigžņlielums) uz

4 sekundēm bija jāaizklāj aptuveni 70 kilometru platā joslā, kas šķērsos Latgali un Sēliju. Tālāk šī ēnas josla gāja pāri Polijai, Vācijai un Francijai.

Raksta autori sāka plānot savus novērojumus vairākus mēnešus pirms notikuma, apmainoties ar novērošanas padomiem e-pastā un *WhatsApp* grupā. Noderīgi bija saņemt ieteikumus, ko sniegdza pieredzējuši novērotāji no IOTA-ES (Starptautiskā aizklāšanās hronometrāžas asociācija), tostarp Donāts Tamonis (Donatas Tamonis), novērotājs no Lietuvas. Raksta autori katrs izvēlējās citu novērošanas vietu.

ZVAIGŽŅU AIZKLĀŠANAS NOVĒROJUMU MĒRĶIS IR IZMĒRĪT ASTEROĪDA IZMĒRU UN FORMU.

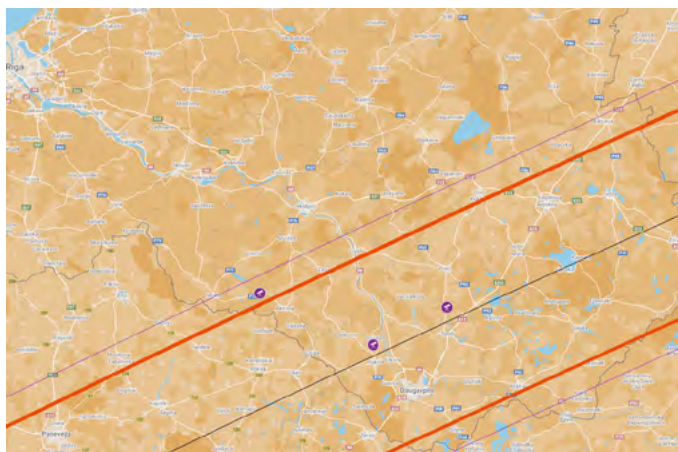
Roberts:

Savus novērojumus veicu radnieku fermā Dvietē netālu no Ilūkstes. Mans aprīkojums bija videokamera *Swiss DVTI* ar objektīvu *Canon 300mm f/4*, ar pievienotu meklēšanas tālskati 8x50 un sekošanas iekārtu *iOptron* uz statīva un klēpjdators *MacBook Air*. Viss bija laikus jāiestata, tostarp jāsarūpē, kas pasargātu mani no odiem. Par laimi, debesis bija skaidras un tumšas, kļuva vēsāks, un odi mitējās. Nakts ritēja lēni. Es varēju uz laiku atstāt ierīces, ieliet iekšā, iemalkot siltu kafiju. Kādā brīdī, pārbaudot aparāturu un programmatūru, attēls ekrānā kļuva diezgan izplūdis un vārgs. Es sapratu, ka manu optiku sāk klāt rasa. Man izdevās pie objektīva pietiprināt vairogu pret norasošanu, kas situāciju uzlaboja. Apmēram pusstundu pirms notikuma parādījās Mēness, bet tas netraucēja novērošanu.

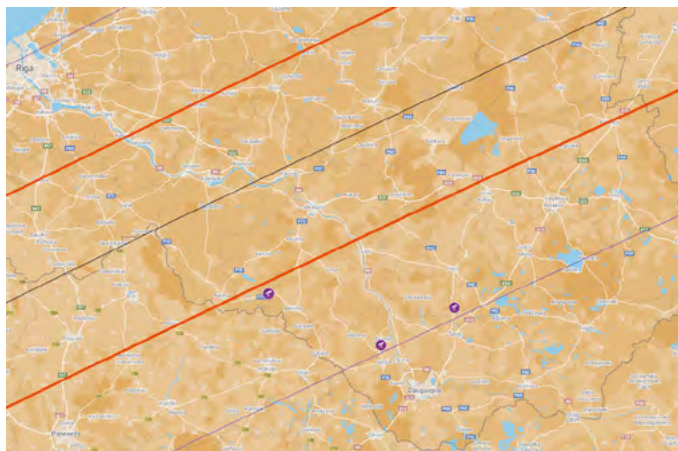
Minūtes divdesmit pirms notikuma nācās neplānoti uzlādēt datora akumulatoru. Izskrēju ārā tikai minūti pirms sākuma. Ieslēdzu klēpj datoru, pēc tam kameras programmatūru un sāku ierakstu. Pagāja minūtes, tomēr zvaigzne turpināja nemainīgi mirdzēt. Tā noteikti nebija laika izšķiešana, bet negatīvs novērojums.

Juris:

Savu novērojumu veicu Preiļu novadā pie Pelēcu ezera. Mana izvēlētā vieta atradās apmēram piecus kilometrus uz ziemeļiem no prognozētās asteroīda



Plānotā *Hyperborea* ēnas josla Latvijā un novērošanas punkti

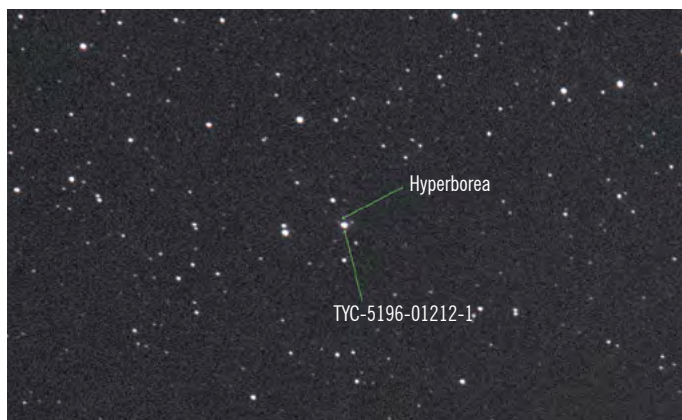


MPEC aprēķinātā *Hyperborea* ēnas josla Latvijā un novērošanas punkti

”
APMĒRAM PUSSTUNDU PIRMS NOTIKUMA PARĀDĪJĀS MĒNESS, BET TAS NETRAUCĒJA NOVĒROŠANU.

ēnas joslas viduslīnijas. Paredzamais aizklāšanas laiks 2022. gada 23. augustā bija 03:18:07 pēc Latvijas vasaras laika. Novērojuma nakts bija skaidra, redzamība laba. Paredzamā

aizklāšanas notikuma laikā zvaigzne atradās aptuveni 20 grādus virs horizonta. Zvaigznes aizklāšanu ar asteroīdu novēroju ar zvaigžņu ceļu metodi. Šī metode ļauj iegūt zvaigznes attēlu ar ilgu



Zvaigzne TYC-5196-01212-1 un asteroīds *Hyperborea* apmēram 45 minūtes pirms sagaidāmā okultācijas laika



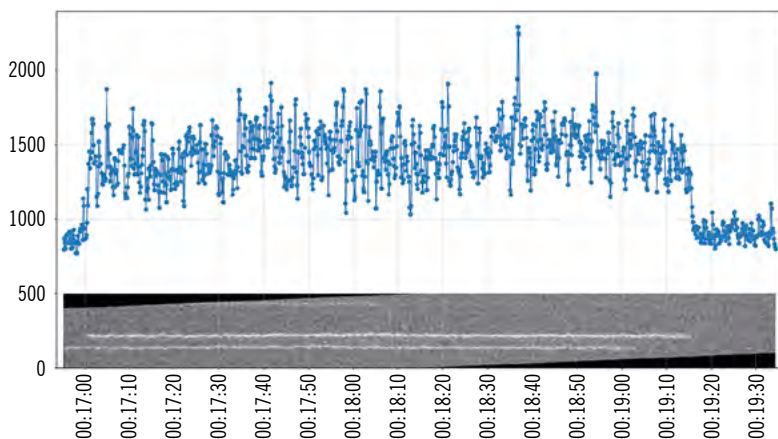
Zvaigžņu ceļu attēls sagaidāmās okultācijas laikā

ekspozīciju, kas Zemes rotācijas ietekmē ir izstiepta svītrā. Ja ekspozīcijas laikā asteroīds aizklāj zvaigzni, tad ir sagaidāms svītras spožuma būtisks samazinājums. Ja attēla sākuma un beigu momenti ir zināmi, tad iespējams noteikt arī aizklāšanas momenta sākuma un beigu laiku. Novērošanas gaitā laiku kontrolēju ar viedtālruna lietotni *SatTimer*, kas

reālajā laikā iegūst precīzu laiku no GPS sistēmas. Precīzu laiku noteicu ar radio pulksteni, kas atbalsta sinhronizāciju ar DCF77 garo viļņu laika signālu. Pulksteni ar signālu sinhronizēju apmēram 15 minūtes pirms novērojuma. Sagaidāmā notikuma laikā ar fotoaparātu uzņēmu zvaigznes “ceļu”. Šim nolūkam apturēju sekošanas

iekārtu. Slēdzi atvēru minūti pirms, bet aizvēru minūti pēc sagaidāmās aizklāšanas. Fotografēšanu veicu ar *Canon EOS 6D II* spoguļkameru, izmantojot *Tamron* 150–600 mm objektīvu, ar šādiem iestatījumiem – fokusa attālums 600 mm, $f/6.3$, ISO 6400. Kameras redzes lauks bija $2,2 \times 3,4$ grādi. Kopējais slēdža atvēršanas ilgums bija 2 minūtes 15 sekundes. Pirms prognozētā notikuma sāku veikt audioierakstu, kurā tiek ierakstīti precīza laika signāli (“pīkstieni”) no radio pulksteņa. Šāds audioieraksts ļauj piesaistīt pulksteņa laikam iegūto zvaigžņu ceļa attēlu, nosakot laika posma ilgumu starp radio pulksteņa pīkstieni un kameras slēdža atvēršanās un aizvēršanas skaņām, kas arī ir ierakstītas audio failā. Secināju, ka iespējamā laika noteikšanas precizitāte bija 0,2 sekundes.

Pirms novērojuma veicu arī izmēģinājuma fotografēšanu ar maksimāli veidotu apmēram 4 sekundes ilgu pārtraukumu, aizverot objektīvu ar vāciņu. Testa fotogrāfijās pārtraukumu zvaigžņu svītrā var redzēt izteikti. Savukārt notikuma laikā iegūtajā fotogrāfijā pārtraukumu zvaigžņu svītrā nevar redzēt. Līdz ar to zvaigznes aizklāšanu ar asteroīdu nevar konstatēt. Interesanti, ka apmēram 45 minūtes pirms prognozētās aizklāšanas veiktā testa fotogrāfijā ar ieslēgtu sekošanas iekārtu ir redzama gan aizklājamā zvaigzne, gan pats asteroīds *Hyperborea*.



Zvaigznes ceļš, referencēts pret laiku, gaismas intensitātes izmaiņas laikā

Kārlis:

Ņemot vērā savas tehniskās iespējas – binokli, izvēlējos nostāties uz prognozētās ēnas joslas robežas, lai bez precīzas laika uzņemšanas veiktu vizuālu negatīvu novērojumu, t. i., pašu zvaigznes aizklāšanu neredzētu. Veiksmīgas apstākļu sakritības gadījumā arī šāds negatīvs novērojums var noderēt, lai precizētu asteroīda ēnu un noteiktu tā formu. Kopā ar četriem azartiskiem jauniešiem Madaru, Martu, Rūdolfu un Lidiju izvēlējamies nekur nenakšņot, bet nakts laikā no Rīgas un Ķekavas devāmies turp un atpakaļ uz nolūkoto novērošanas vietu netālu no Elkšņiem pirms Aknīstes.

Novērojuma laikā uzņāca miglas vāli, kas par vienu minūti saīsināja plānoto novērojuma ilgumu (aptuveni 03:18–03:20 pēc Latvijas laika), gandrīz izjaucot to vispār. Zvaigznes nodzišanu nenovēroju, kas atbilda sagaidāmajam, tomēr

tobrīd vēl nezināju, ka arī citiem rezultāts bijis negatīvs.

SECINĀJUMI

Dažiem, tostarp tehniskā gatavībā esošiem astronomijas amatieriem Vācijā un Polijā, bija mākoņainas debesis. Tomēr vēlāk izrādījās, ka itin neviens no *Hyperborea* notikuma novērotājiem visā pasaulē – arī novērotāji Lietuvā un Francijā – neredzēja pozitīvu notikumu. Interesanti, kādēļ tā notika. Lai gan asteroīda radītais zvaigznes aizklāšanas prognozes pēdējos gados ir uzlabojusās, tās ne vienmēr ir 100% precīzas.

Prognozējot asteroīdu ēnas joslas, nepieciešams ļoti precīzi zināt asteroīdu orbītas parametrus. Šo parametru noteikšana notiek ar sarežģītu matemātisku aprēķinu palīdzību no visiem pieejamajiem asteroīdu novērojumiem. Orbītas parametri, kas aprēķināti, izmantojot atšķirīgas matemātiskas metodes un to parametrus, var nedaudz

atšķirties, pat lietojot tos pašus ieejas datus. Asteroīdu radītu aizklāšanu aprēķiniem atbilstoši IOTA rekomendācijām parasti izmanto jaunākos NASA JPL *Horizons* sistēmā aprēķinātos asteroīdu orbītas parametrus. Tomēr, piemēram, Starptautiskās Astronomijas asociācijas Mazo Planētu centrs (IAU MPEC) arī veic asteroīdu orbītu aprēķinus. Izrādījās, ka asteroīda *Hyperborea* ēnas josla, kas aprēķināta no MPEC orbītas parametriem, bija apmēram 70 kilometrus pārvirzīta uz ziemeļiem no ēnas joslas, kas aprēķināta ar *Horizons* sistēmā dotajiem orbītas parametriem. Vai šajā alternatīvajā ēnas joslā patiešām bija vērojama asteroīda aizklāšana, paliek noslēpums, jo pasaulē netika veikts neviens pozitīvs šā notikuma novērojums. Pēc interesantās pieredzes ar *Hyperborea* viens ir skaidrs – amatieru novērotāji Baltijā, arī Latvijā, turpinās plānot un novērot šādus notikumus! 🦋

ĒRIKS TEMPELFELDS

Sietiņš

Sietiņš jeb Plejādes ir spoža vaļēja zvaigžņu kopa Vērša zvaigznājā. Viena no nedaudzajām ar neapbruņotu aci novērojamām zvaigžņu kopām. Mesjē katalogā tā ir reģistrēta ar numuru M45. Latvijā tā vislabāk novērojama ziemā. Sietiņā dominē jaunas, karstas zilgana spektra zvaigznes, kas izgaismo dažādus putekļu mākoņus.

Attēls iegūts ar bezspoguļa kameru *Nikon Z6II* un objektīvu *Nikon 200–500 mm* ar iestatīto fokusa attālumu 500 mm. Izmantots *Skywatcher 2i Pro* statīvs ar sekošanas mehānismu. Pie jutības ISO 1600 iegūti 45 kadri ik pēc 60 sekundēm, kas grēdoti ar programmu *Siril*. Attēls pēc tam apstrādāts *Photoshop*, *Starnet++* un *Topaz*.







DART zonde tiek sagatavota ievietošanai SpaceX Falcon 9 rakētē

NASA sekmīgi izmaina asteroīda trajektoriju

ORIGINĀLO UN IZDEVUŠOS KOSMISKO MISIJU
SARAKSTAM NUPAT IR PIEVIENOJIES JAUNS
IERAKSTS – ASTEROĪDA ORBITAS MAINĪŠANA.

Zinātniskās fantastikas cienītāji jau zina, kas būtu darāms, ja tiktu atklāts asteroīds, kurš apdraudētu šobrīd uz Zemes pastāvošo kārtību. Tas vienkārši “jāuzlaiž gaisā”. Protams, tas nav ne vienkārši, ne īpaši reāli. Aprēķini un modeļi

liecina, ka labākais veids, kā Zemes iemītniekus pasargāt no kosmiskās iznīcības, ir šādu asteroīdu laikus atklāt un, pareizi pieliekot salīdzinoši nelielu spēku, mazliet izmainīt tā trajektoriju, lai tas Zemei palidotu garām.

NASA, īstenojot DART (*Double Asteroid Redirection*

Test) misiju, ir īstenojusi tieši šo scenāriju. Te gan uzreiz jānomierina lasītājs, ka šobrīd nav zināmi asteroīdi, kas mūs apdraudētu, un NASA veiktais bija tikai un vienīgi tehnoloģijas demonstrācija, kas turklāt saplānota tā, ka iesaistītais asteroīds nu nekādi mūs neapdraudēs arī turpmāk.

IZMĒGINĀJUMA MĒRĶIS

NASA izmēģinājumam tika izraudzīts asteroīds, kas atrodas orbītā ap citu asteroīdu 65803 Didims (65803 *Didymos*). Šādi dubultie asteroīdi nav bieži sastopami. No šobrīd zināmajiem vairāk nekā miljons asteroīdiem vismaz 150 ir šādi dubultie. Dažiem ir pat divi pavadoņi, tātad tie ir trīskāršie asteroīdi.

Izmēģinājumam izraudzītais asteroīdu pāris – Didims A un Didims B – atklāti 1996. gada aprīlī. Tie apriņķo Sauli, pilnu orbītu veicot apmēram 770 dienās. Ik pa laikam asteroīdu pāris pietuvojas Zemei, bet ne tuvāk par 6 miljoniem kilometru. Tātad Zemes iedzīvotājiem Didimi bīstami nav. Jāpiebilst, ka Didims tulkojumā no grieķu valodas nozīmē Dvīnis.

Pēc DART misijas apstiprināšanas asteroīdi ieguva jaunus vārdus. Didims A tagad nosaukts par Didimu, Didims B – par Dimorfu, kas tulkojumā nozīmē Divveidis. Šāds vārds dots par godu tam, ka pēc DART trieciena izmaiņusies Didima B orbīta.

Didima diametrs ir apmēram 780, Dimorfā –170 metri. Dimorfa viena orbīta ap Didimu ilgst apmēram 11,9 stundas.

Dubultais asteroīds nav izraudzīts nejauši. Ja izmēģinājumu veiktu, ietriecot zondi vientuļā asteroīdā, kas riņķo ap Sauli, būtu grūtāk noteikt izmaiņas tā trajektorijā. Tad novērojumi būtu jāveic ilgāk nekā divus gadus, kas atbilst laika periodam, kādā šādā

attālumā riņķojošs asteroīds veic vienu orbītu ap Sauli.

Izmaiņas Dimorfa orbītā ap Didimu, kur viena apriņķojuma ilgums ir nepilnas 12 stundas, pamanīt ir vieglāk, un, galvenais, to var paveikt īsākā laikā. Papildu ieguvums ir tas, ka Didima orbīta netiek būtiski izmainīta, tādējādi samazinot iespēju, ka pat tālā nākotnē asteroīdu pāris tomēr bīstami pietuvotos Zemei.

DART UN LICIAcube

Plāns izmēģināt iespēju izmainīt asteroīda orbītu lološs jau kādu laiku. Sākumā NASA un ESA plānoja katra savu misiju, un tās nebija nekādā veidā saskaņotas. 2015. gadā tika panākta vienošanās, ka abas aģentūras veiks kopīgu izmēģinājumu.

Bija paredzēts, ka ESA uz izvēlētu asteroīdu nosūtīs savu zondi ar nosaukumu AIM. Tā veiktu asteroīdu pāra novērojumus. Tad DART ietriektos Dimorfā, un AIM to

visu novērotu. Tomēr AIM misija tika atcelta, un bija skaidrs, ka asteroīdu pāra novērojumi pirms DART trieciena būs jāveic ar teleskopiem no Zemes. Tiesa, DART bija kompanjone – Itālijas kosmosa aģentūras izstrādāta nazonzonde LICIAcube. Zonde bija aprīkota ar divām kamerām, 15 dienas pirms DART ietriecās Dimorfā tā atdalījās no DART ar mērķi nofotografēt DART triecienu rezultātus. LICIAcube kamerām par godu *Zvaigžņu karu* personāžiem doti vārdi Lūks un Leja.

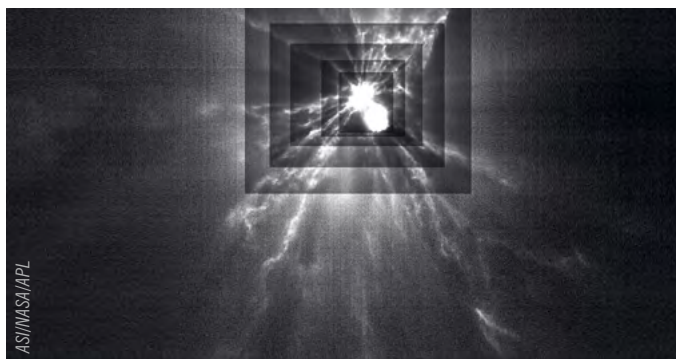
Sešsimt desmit kilogramu smagā DART nebija aprīkota ar zinātniskajiem instrumentiem. Vienīgais DART aprīkojums bija viss, kas nepieciešams autonomai navigācijai, un kamera, kas līdz pat pēdējam brīdim uzņēma attēlus un reāllaikā tos nosūtīja uz Zemi.

26. septembrī, NASA komandai un visiem ieinteresētajiem tiešraidē vērojot DART



LICIAcube

NASA/Johns Hopkins APL/ICU Whitman



ASI/MASA/APL

LICIACube attēlā redzams no Dimorfa izmestais materiāls. Katram taisnstūrim ir atšķirīgs kontrasta līmenis, lai labāk parādītu izmestā materiāla struktūru



HST/MASA/ESA

Dimorfa 10 000 kilometru garā putekļu aste



MASA/Johns Hopkins APL

Pēdējais pilnais Dimorfa virsmas attēls, ko DART pārraidīja, esot 12 kilometru attālumā no asteroīda, divas sekundes pirms ietriecās tajā

kameras pārraidīto, zonde sekmīgi ietriecās Dimorfā. Trieciens enerģija bija līdzvērtīga apmēram 2,5 tonnu dinamīta sprādzienam. DART ātrums attiecībā pret Dimorfu bija 6 kilometri sekundē. Interesanti, ka Dimorfa ātrums orbītā ap Didimu bija tikai apmēram 20 centimetri sekundē. LICIACube uzņēma notiekošā attēlus arī pēc trieciens, bet uz Zemes tie tika saņemti krietni vēlāk, jo nanozondei ir ierobežots datu pārraides ātrums.

Novērojumus veica arī vairāki teleskopi uz Zemes, kā arī Habla un Džeimsa Veba kosmiskie teleskopi.

To, ka trieciens ir noticis, varēja secināt pēc tā, ka pēdējais pilnais DART pārraidītais attēls ir Dimorfa tuvplāns, kas aizņem visu redzeslauku, un pēc tā, ka DART attēlu un telemetrijas datu pārraide pārtrūka. Tātad DART tiešām bija trāpījis Dimorfā.

REZULTĀTS

Kā jau teikts, rezultāts bija sagaidāms salīdzinoši īsā laikā, jo DART trieciens izmainīja asteroīdu, kura orbītas periods ir mazāks par 12 stundām.

Trieciens tiešām bija noticis. To varēja redzēt gan Zemes, gan kosmisko teleskopu attēlos. Putekļi un pārējais materiāls, ko DART trieciens izvieda no Dimorfa, veido apmēram 10 000 kilometru garu putekļu asti, kas līdzīgi kā komētām stiepjas aiz asteroīdu pāra. Tiesa, tā ar laiku izzudīs. Daļu materiāla asteroīdu

gravitācija pievilks atpakaļ, bet lielāko daļu izklidinās Saules vējš. Bet šobrīd Didims ir vienīgais zināmais asteroīds, kuru apriņķo nosacīta "komēta ar asti" – Dimorfs.

Kaut ko līdzīgu astei varēja paredzēt viegli, taču galvenais uzdevums – orbitālā perioda saīsināšana – sagādāja pārsteigumu visiem iesaistītajiem. Minimālais uzdevums bija saīsināt Dimorfa apriņķošanas periodu vismaz par 73 sekundēm.

Optimistiski reālistisks novērtējums – rezultāts varētu būt līdz 10 minūtēm.

Izrādījās, ka Dimorfa orbitālais periods ir saīsināts par vairāk nekā 30 minūtēm. Galvenais secinājums pēc DART izmēģinājuma – asteroīda orbītu var izmainīt, tajā ietriecot noteiktas masas objektu. Tātad, ja Zemi apdraudētu kāds asteroīds un mēs to laikus atklātu, pietiktu tajā ietriekt asteroīda masai atbilstošu objektu, un mēs būtu glābti.

HERA

Kaut arī ESA misija, kuras mērķis bija veikt Didima un Dimorfa novērojumus vēl pirms DART trieciena, tika atcelta, tomēr ESA plāno iesaistīties šajā izmēģinājumā. Patlaban tiek būvēta ESA zonde, kas sauksies Hera. Tā tiks nogādāta orbītā ap Didimu un ilgāku laiku veiks asteroīdu pāra novērojumus.

Lai arī Hera asteroīdus sašņiegs apmēram četrus gadus pēc DART trieciena, tās misija solās sniegt daudz informācijas



Dimorfs no 68 kilometru attāluma. Uzņemts 11 sekundes pirms trieciena. Pēdējais attēls, kurā redzams viss asteroīds



Didims un Dimorfs no 920 kilometru attāluma 2,5 minūtes pirms trieciena



LICIACube attēls, kas uzņemts dažas minūtes pēc DART trieciena

par to, kas ar asteroīdiem noticis. Vēl jo vairāk tāpēc, ka Hera būs vismaz divi kompāņoni – nanozondes. Viena no tām – Juventas – mēģinās

nolaisties uz asteroīda, otra – Milani – veiks asteroīdu virsmas novērojumus un novēros putekļus asteroīdu sistēmas apkārtnē. 🌠

ASTRONOMIJA
SKOLĀ

DMITRIJS DOCENKO,
INESE DUDAREVA



Latvijas komanda Kutaisi Starptautiskās universitātes studentu pilsētīnā

XV Starptautiskā astronomijas un astrofizikas olimpiāde IOAA 2022

Foto: Oļģa Zariņa

Gruzijas pilsētā Kutaisi no 14. līdz 22. augustam notika Starptautiskā astronomijas un astrofizikas olimpiāde (IOAA), kurā Latviju pārstāvēja skolēnu komanda: Olīta Anastasija Zadorožnaja (Ekziperī Starptautiskā skola, 11. klase), Marks Henrijs Majors un Viesturs Streļčs (abi RTU Inženierzinātņu vidusskola, 11. klase). Komandas vadītāji bija *Dr. rer. nat.* Dmitrijs Docenko (Latvijas Astronomijas biedrība) un *Dr. phys.* Inese Dudareva (LU Fizikas, matemātikas un optometrijas fakultāte).

Starptautiskās astronomijas un astrofizikas olimpiādes (<https://www.ioaastrophysics.org>) tiek organizētas kopš 2006. gada ar mērķi popularizēt astronomiju un veicināt sadarbību starp jauniešiem astronomiem no dažādām pasaules valstīm. Latvijas skolēnu komanda šajā starptautiskajā pasākumā piedalījās otro reizi, šogad – pirmo reizi klātienē (par Latvijas komandas dalību IOAA 2021 skat. *Zvaigžņotās Debess 2022.* gada pavasara numurā). Par iespēju piedalīties olimpiādē Latvijas skolēniem ir jāpateicas Latvijas Fizikas skolotāju asociācijas, Latvijas Astronomijas biedrības, LU Fizikas, matemātikas un optometrijas fakultātes un RTU atbalstam.

Marks: Dalība IOAA ir lieliska pieredze, un tā iedvesmo izprast astronomiskos procesus mums apkārt. Starp intensīvajām uzdevumu risināšanas

”
OLIMPIĀDE IR VEIDS, KĀ IZAICINĀT SEVI KĻŪT NE TIKAI ZINOŠĀKAM, BET ARĪ SĀGATAVOTĀKAM NEGAIDĪTU UN RADOŠU PROBLĒMU RISINĀŠANĀ.

kārtām apskatījām skais-to Okaces kanjona ūdenskritumu, botānisko dārzu ar koku šķirnēm no visas pasaules un pavadījām pēcpusdienu Melnās jūras piekrastē. Gatavojoties un piedaloties olimpiādē, esmu ieguvis plašāku redzējumu fizikā, draugus ar līdzīgām interesēm par astronomiju un raķešzinātni un vēlmi izzināt astronomisku parādību veidošanās apstākļus. Paldies organizatoriem un atbalstītājiem par brīnišķīgo iespēju piedalīties

Starptautiskajā astronomijas un astrofizikas olimpiādē!

Viesturs: Olimpiādē iepazinos ar līdzīgu interešu cilvēkiem no visas pasaules. To es arī uztveru kā lielāko ieguvumu – pieredzes un domu apmaiņu. Ja ir labi sarunas biedri, var runāt par jebko, ne tikai par astronomiju vai zinātni. Iepazinu arī Gruziju – gan tās dabu, gan cilvēkus, gan kulināriju, kas pat olimpiādes laikā kopmītnes kafetērijā bija strikti gruziniska.



Jaunieši ekskursijā pie Okaces kanjona ūdenskrituma

Foto: T. Kobuladze



Dmitrijs Docenko palīdz aizstāvēt Latvijas komandas dalībnieku darbus

Olita: Starptautiskā olimpiāde ir domubiedru tikšanās un pieredzes apmaiņas vieta. Tas ir veids, kā izaicināt sevi kļūt ne tikai zināšanām, bet arī sagatavotākam negaidītu un radošu problēmu risināšanā.

Nedēļas garumā dalībnieki risināja teorētiskas problēmas, apstrādāja datus un demonstrēja prasmes darboties ar teleskopu un veikt novērojumus. Komandas vadītāji pirms katras kārtas piedalījās uzdevumu apspriešanā, tulkošanā, kā arī Latvijas komandas dalībnieku darbu risinājumu aizstāvēšanā.

Diemžēl naktīs bija mākoņains laiks, tāpēc visi novērojumi tika veikti dienā.

Zināšanas par debess objektiem tika pārbaudītas ar testiem un vienkāršiem uzdevumiem. Novērojumu kārtā dalībniekiem bija jāatpazīst dažādi debess objekti, izmantojot teleskopu, bija jādemonstrē izpratne par teleskopa optiskās sistēmas parametriem, jānosaka teleskopa izšķirtspēja. Datu apstrādes kārtā pirmajā uzdevumā dalībniekiem bija jāanalizē gravitācijas viļņu notikuma GW170817 dati un jānosaka gravitācijas viļņu ātrums, otrajā uzdevumā bija jāstrādā ar galaktiku koordinātām un jānosaka, kuras galaktikas atrodas vienā un tajā pašā galaktiku halo, kuras – atšķirīgos. Teorijas kārtā bija 13 uzdevumi – pieci reālīvi vienkārši, pieci vidējas

grūtības un trīs paaugstinātas grūtības. Uzdevumi aptvēra gandrīz visus astronomijas un astrofizikas tematus – no sfēriskās trigonometrijas līdz pat kosmoloģijai. Piemēram, viens no “grūtajiem” uzdevumiem bija veltīts ierobežotās trīs ķermeņu problēmas apskatam, kad divi pavadoņi kustas ap planētu pa ļoti tuvām orbītām, kā dēļ notiek orbītu apmaiņa. Saules sistēmā šis process notiek Saturna pavadoņiem – Janusam un Epimetejam. Citā uzdevumā tika apskatītas Daisona sfēras (sfēras ap zvaigzni, kas pārvērš lietojamā formā visu tā starojuma enerģiju) un to elementu uzbūves un uzturēšanas problēmas. Viens no “vidējās grūtības” uzdevumu formulējumiem bija ļoti īss – noteikt Saules retrogrādās kustības ilgumu uz Merkura, taču, lai iegūtu atbildi, bija jārisina Keplera vienādojums. Kādā no “vienkāršajiem” uzdevumiem bija jānosaka planētai ap dubultzvaigzni sinodiskais dubultzvaigznes periods, ja ir zināms sideriskais periods.

Šā gadā olimpiāde bija īpaša ar to, ka uzdevumus gatavoja tikai jaunie autori – universitātes vai doktorantūras studenti. Neraugoties uz to, gan uzdevumu līmenis, gan to sagatavošanas kvalitāte bija augsta. Uzdevumus un to risinājumus var atrast vietnē: <https://ioaa2022.ge/problems>

Olita Anastasija Zadorožnaja ieguva Atzinības rakstu par labām prasmēm datu apstrādes un novērojumu kārtā. 🦋

Stellarium telefonā

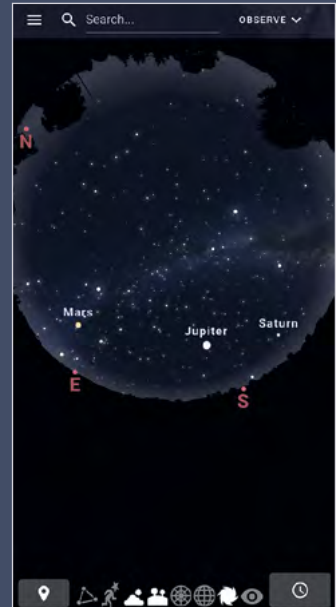
Datoru lietotājiem *Stellarium* ir labi zināma interaktīva zvaigžņu karte, kas vienlīdz labi noder gan iesācējiem, gan pieredzējušiem vaļasprieka astronomiem. Varētu pat teikt, ka tas ir kļuvis par sava veida standartu, jo programma ir brīvi pieejama un strādā izcili. Telefonu pasaulē ir lielāka lietotņu konkurence, un samērā populāri ir kļuvuši citi elektroniskie zvaigžņu atlanti – *SkySafari* vai *Star*

Walk 2. Lietotne *Stellarium Mobile* (pieejama *Android* un *iOS* operētājsistēmām) bezmaksas versijā ir grafiski tīkama, bet ar ierobežotām iespējām. Piemēram, zvaigzni Liesma neatradīsim, jo bāzes variantā pieejamas zvaigznes līdz 8. zvaigžņlielumam. Tāpat ar šo versiju nevarēsim pāriet uz brīvi izvēlētu laiku un datumu, kas būtiski samazina interesi to lietot.

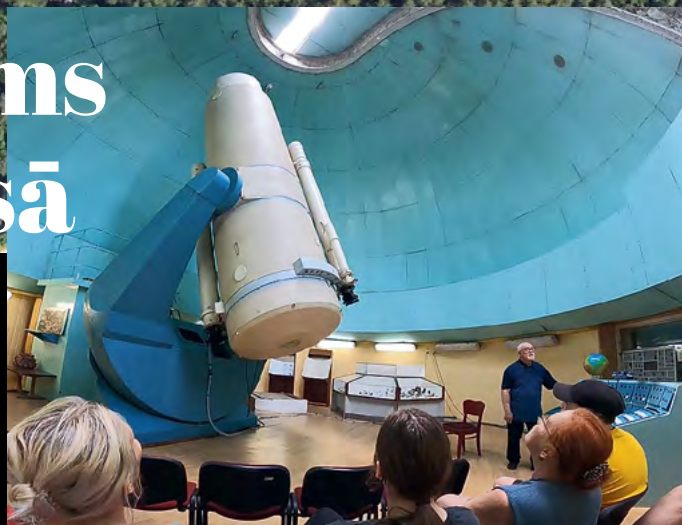
Tomēr mazliet atšķirīgas situācija ir ar *Stellarium*

tīmekļa versiju, kas ir vienlīdz labi lietojama gan datorā, gan telefonā. Pietiek atvērt vietni *stellarium-web.org*, un, ja pārlūka drošības iestatījumi to ļauj, *Stellarium* būs noteicis lietotāja atrašanās vietu, un naksnīgās debess izpēte var sākties.

Ja veicam novērojumus kādā nomaļākā vietā ar sliktu mobilā interneta zonu, ieteicams tomēr lietot kādu no autonomi instalējamām lietotnēm. 📍



Ceļojums kosmosā kopā ar Šmitu



Baldones observatorijas aerofoto.
Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra

Foto: Mārtiņš Gills

Ikviena *Zvaigžņotās Debess* lasītājs ir labi informēts par LU Astronomijas institūta Baldones Astrofizikas observatorijas darbības virzieniem un vēsturi. Ir dzirdēta vēlme no cilvēkiem, kuri ar astronomiju nav saistīti, kādreiz turp doties nakts ekskursijā, lai pirmo reizi ielūkoties teleskopā. Diemžēl šādus interesentus nākas sarūgtināt – lielais Šmita teleskops nav veidots novērojumiem ar aci, un kopš 1966. gada strādājošais teleskops darbojas kā liela fotokamera. Pirmos nakts novērojumu iespaidus visvienkāršāk var iegūt LU Astronomiskajā tornī, kas 2022./2023. gada sezonā ir atvērts otrdienās un trešdienās vakaros. Šmita teleskopa

kalpošana tūri zinātniskiem mērķiem nenozīmē, ka nav vērts braukt ekskursijās uz Baldones Riekstukalnu. Gluži pretēji – laikus pieteikts apmeklējums kādā brīvdienā var sniegt labu devu izzinošas informācijas par interesantiem debess objektiem.

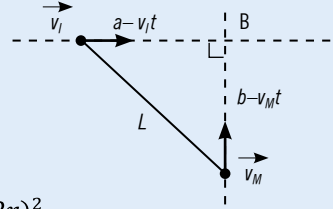
Apmeklētāju grupai ir sagatavotas sēdvietas lielajā teleskopa paviljonā. Pēc īsa ievada par pašu teleskopu nodziest gaismas, un uz kulpola sfēriskās sienas parādās zvaigžņotās debess projekcija. Turpmākā seansa laikā apmeklētāji dodas virtuālā ceļojumā uz Saules sistēmas planētām, aplūko tipiskākās zvaigžņu kopas un iepazīst dažus miglājus un galaktikas, gūstot ieskatu

Visumā notiekošajos procesos un tajā, ko pēta astronomi. Ekskursijas vislabāk derēs apmeklētājiem bez priekšzināšanām astronomijā, bet zinātāji var uzdot kādus specifiskākus jautājumus. Papildus iekšstelpu apmeklējumam ikviens var ielānot laiku arī nelielai pastai-gai. Turpat netālu no Šmita teleskopa paviljona atrodas observatorijas dibinātāja Jāņa Ikaunieka piemiņas vieta un nedaudz tālāk – dubultpaviljona ēka, kas pirms sešdesmit gadiem tika veidota kā māji-vieta diviem teleskopiem. 🌌

Vairāk informācijas par Baldones observatoriju – www.baldonesobservatorija.lv, tālrunis ekskursiju pieteikšanai – 29266797

15. lappusē publicēto uzdevumu ATRISINĀJUMI

A1 Ripām ir noteikts rādiuss r . Apzīmēsim attālumu starp ripām kādā laikā t kopš kustības sākuma ar L (skat. attēlu). Ripu sadursme nozīmētu, ka kādā brīdī šis attālums kļūst vienāds ar $2r$.



Pēc Pitagora teorēmas:

$$L^2 = (a - v_I t)^2 + (b - v_M t)^2 = (2r)^2$$

$$a^2 - 2av_I t + v_I^2 t^2 + b^2 - 2bv_M t + v_M^2 t^2 - 4r^2 = 0$$

$$D = (2av_I + 2bv_M)^2 - 4 \cdot (v_I^2 + v_M^2) \cdot (a^2 + b^2 - 4r^2) \geq 0$$

Iegūtais nosacījums ir kvadrātiska nevienādība attiecībā pret v_M .

$$(16r^2 - 4a^2) \cdot v_M^2 + 8abv_I \cdot v_M + 16v_I^2 r^2 - 4v_I^2 b^2 \geq 0$$

$$D_M = 64a^2 b^2 v_I^2 - 4 \cdot (16r^2 - 4a^2) \cdot (16v_I^2 r^2 - 4v_I^2 b^2) = 26615$$

$$v_{M, \min} = \frac{-8abv_I + \sqrt{D_M}}{2 \cdot (16r^2 - 4a^2)} = 3.977 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_{M, \max} = \frac{-8abv_I - \sqrt{D_M}}{2 \cdot (16r^2 - 4a^2)} = 4.023 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

A2 Uzzīmēsim abu ripu pozīcijas un attālus L starp tām dažādos laika momentos.

Sākumā attālums L starp ripām samazinās (piemēram, stāvokļos no 0 līdz 3), pēc tam palielinās (stāvokļos no 3 līdz 5). Ripu ātrumi ir vienādi. Simetrijas apsvērumu dēļ mazākam attālumam jābūt stāvoklī 3, jo, laikam ritot uz priekšu, simetriski atkārtosies stāvokļi, kas bija pirms tam.

Attālums starp ripu centriem 3. stāvoklī ir

$$L_3 = \sqrt{\left(\frac{a}{4}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2} = 10,61 \text{ m}$$

Ņemot vērā ripu rādiusu, attālums starp ripu malām $L_3 - 2r = 10,47 \text{ m}$

B Tā kā ripas kustības ātrums attiecībā pret ledus tīrāmo mašīnu ir $v_{M3} + v_L$, līdz sadursmei paiet laiks

$$t_1 = \frac{S}{v_{M3} + v_L} = 6 \text{ s}$$

Šajā laikā ripa veic attālumu $S_1 = v_{M3} t_1 = 30 \text{ m}$

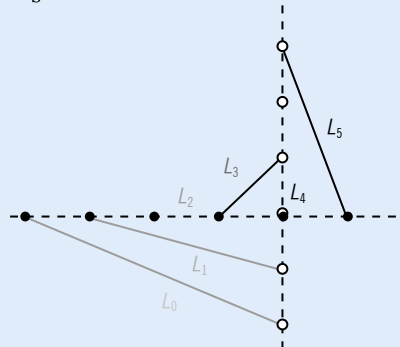
Pēc elastīgas sadursmes ripas un mašīnas relatīvais ātrums paliek nemainīgs: $v_{M3} + v_L$, tātad nekustīgajā atskaites sistēmā ripas ātrums $v_{M3} + 2v_L$

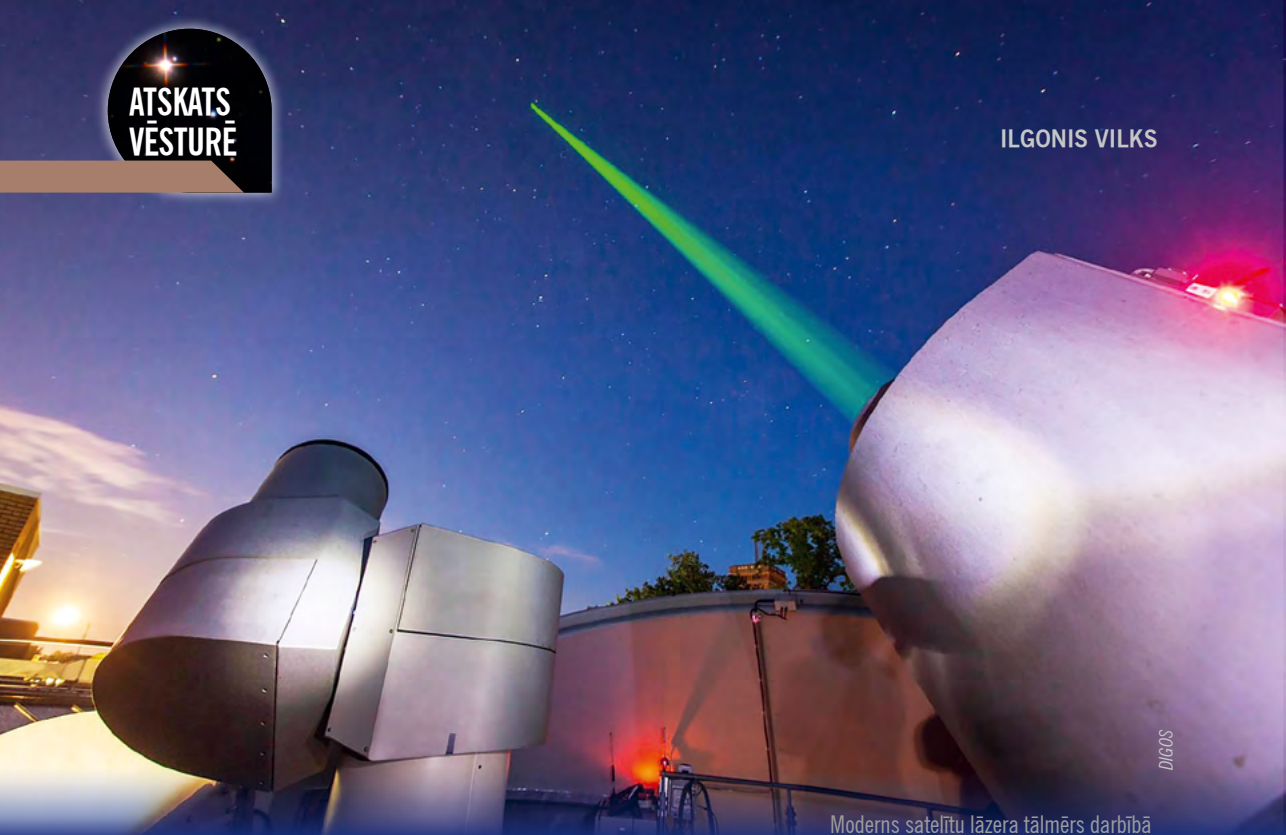
Ar šo ātrumu ripai ir jāveic atpakaļceļš S_1 , tātad atpakaļceļam vajadzīgs laiks

$$t_2 = \frac{S_1}{v_{M3} + 2v_L} = 5 \text{ s}$$

Ripas kopējais laiks ceļā līdz ledus tīrāmai mašīnai un atpakaļ līdz punktam A aizņem

$$t = t_1 + t_2 = 5 + 6 = 11 \text{ s}$$





Moderns satelītu lāzera tālmērs darbībā

Satelītu lāzerlokācija RĪGĀ

AUSTRUMEIROPAS PIRMĀ SATELĪTU LĀZERA TĀLMĒRA TAPŠANĀ
BŪTISKA LOMA BIJA LATVIJAS SPECIĀLISTIEM.

NEDAUDZ VĒSTURES

1964. gada 10. oktobrī NASA palaida pirmo ar lāzera atstarotāju aprīkoto ģeodēzisko pavadoņi *Explorer 22* jeb *Beacon B*. Tam bija arī raidītājs, ko varēja izmantot Doplera nobīdes mērījumiem. Orbītas augstums mainījās no 900 līdz 1100 kilometriem.

Pirmo pavadoņa lāzerlokāciju pasaulē veica 1964. gada 31. oktobrī Godarda kosmosa centra (ASV) fiziķa Henrija Plotkina (*Plotkin*, dz. 1927) vadībā ar lāzera tālmēru GODLAS. Mērījuma precizitāte bija trīs metri, apmēram 25 reizes labāka nekā tā laika radara tālmēriem. Henrija

Plotkina komandā strādāja arī students Džons Degnans (*Degnan*, dz. 1945), kurš vēlāk kļuva par ASV vadošo pavadoņu lāzerlokācijas speciālistu.

Francijas Zinātnisko pētījumu centra CNRS (*Centre National de la Recherche Scientifique*) komanda Augšprovansas observatorijā

pavadoņa *Beacon B* lāzera mērījumus ieguva nedaudz vēlāk, 1965. gada janvārī: “Tās bija kā medības. Pavadonis bija jāierauga binoklī, pēc iespējas zemāk pie horizonta, jo tā bija vislabākā situācija, kā noņemt savu “upuri” neprecīzas prognozes gadījumā. Tiklīdz pavadonis bija saskatāms, bija mutiski jānodod informācija operatoram, kurš sēdēja vecā uzvadišanas platformā, kuru varēja griezt ap divām asīm, lai noturētu instrumentu pavadoņa virzienā. Pa to laiku darbojās lāzera raidītājs. Šaušana ar lāzeru pa mērķi bija līdzvērtīga šaušanai pa bites aci, kura lido ar ātrumu astoņi kilometri sekundē. Tomēr, pateicoties debesu mehānikai, tas nebija tik grūti!”

1967. gadā notika pirmā starptautiskā lāzerlokācijas kampaņa. Tobrīd jau

PIRMO PAVADOŅA LĀZERLOKĀCIJU PASAULĒ VEICA 1964. GADA 31. OKTOBRĪ.

bija palaisti pieci pavadoņi ar atstarotājiem, un darbojās piecas lāzerlokācijas stacijas – divas amerikāņu (Godarda kosmosa centrā pie Vašingtonas un Ņūmeksikā) un trīs franču (Augšprovansā, Grieķijā, Alžīrijā). Staciju koordinātas tika noteiktas ar 5 metru precizitāti, četras reizes precīzāk nekā ar fotogrāfiskajām *Baker-Nunn* kamerām, kas līdzdarbojās kampaņā. 1968. gadā notika otrā starptautiskā kampaņa, kurā novēroja pavadoņi GEOS B. Smitsona Astrofizikas observatorija izveidoja jaunu novērojumu staciju Havaju salās. 1970. gadā

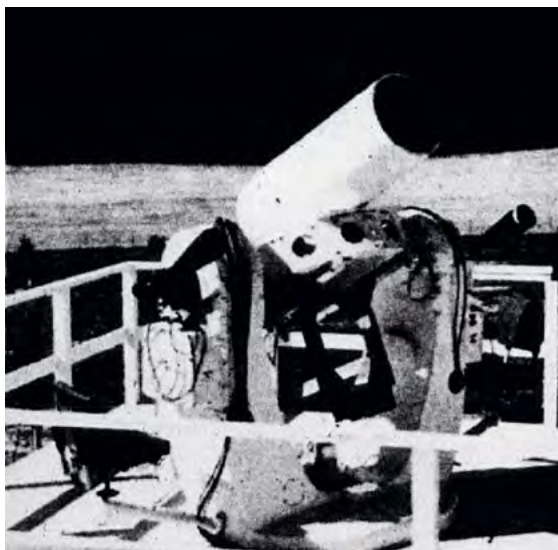
NASA paplašināja savu staciju tīklu (Peru, Brazīlijā, Dienvidāfrikā).

1976. gada 4. maijā palaida ģeodēzisko pavadoņi LAGEOS 1, 1992. gada 23. oktobrī – LAGEOS 2. Tie lido apmēram 5900 kilometru augstumā un turpinās riņķot ap Zemi miljoniem gadu, jo tos praktiski neietekmē Zemes atmosfēras berze. LAGEOS pavadoņi ir ar alumīniju pārklātas 400 kilogramu smagas vara lodes 60 centimetru diametrā, kuru virsmu klāj 426 lāzera atstarotāji. Šo iedobīšu dēļ pavadoņi līdzinās golfa bumbiņām. Pateicoties ilgstošiem mērījumiem, to stāvoklis

NASA brīvpieejas attēls

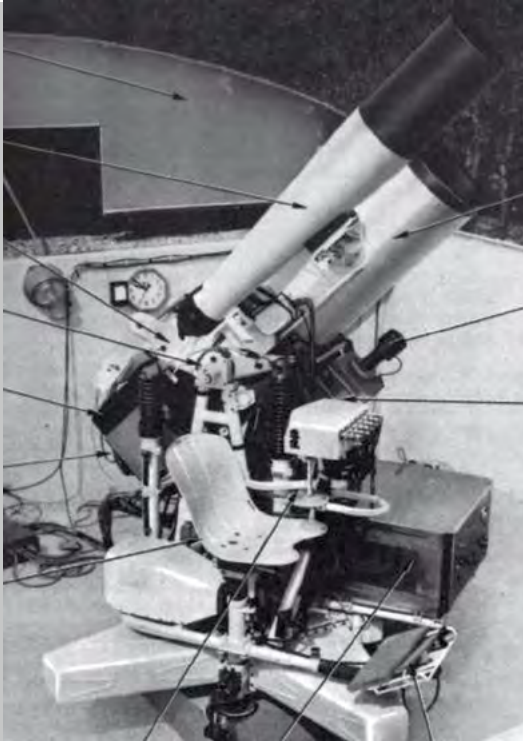


Henrijs Plotkins pie satelīta *Beacon B* lāzeratstarotāju konusa



Lāzera tālmērs GODLAS, ar kuru veikta pasaulē pirmā satelītu lāzerlokācija

John Degnan



Franču lāzera tālmērs 1967. gadā



Ģeodēziskais pavadonis LAGEOS 1 ir masīva lode, ko klāj lāzeratstarotāji

telpā zināms ar 1–2 centimetru precizitāti. Šo faktu izmanto, lai noteiktu Zemes orientācijas parametrus un uzturētu Starptautisko Zemes atskaites sistēmu. Francijas ģeodēzisko pavadoni *Starlette* 1975. gada 6. februārī palaida ievērojami zemākā orbītā (ap 1000 kilometru), kur tas bija jutīgāks pret Zemes gravitācijas lauka izmaiņām un spēja “sajust” arī Zemes cietā ķermeņa un okeānu paisumus.

PIRMAIS LĀZERA TĀLMĒRS LD-1

Padomju Savienībā par pavadoņu lāzerlokāciju sāka domāt tikai 20. gadsimta 60. gadu beigās, kad PSRS Zinātņu akadēmijas Astronomijas padome nolēma izgatavot lāzera tālmēru sociālisma valstu zinātņu akadēmiju organizācijas *Interkosmos* ietvaros. Projektu vadīja Karels Hamals (1932–2007) no Čehoslovākijas Tehniskās universitātes Prāgā. Čehoslovākija izstrādāja un izgatavoja impulsu lāzera, Polija – precīzu laika intervālu mērīšanas iekārtu, Ungārijas pārziņā bija osciloskopi un frekvenču mērītāji, VDR – datu reģistrācijas iekārta. PSRS pārstāvēja Latvijas Valsts universitātes (LVU) Astronomiskā observatorija, kur izstrādāja un izgatavoja lāzera tālmēra būtiskāko daļu – teleskopa optisko sistēmu un montējumu ar uzvadišanas un sekošanas mehānismu, izveidoja automātiskus “laika vārtus”. Šos darbus veica Māris Ābele, Jānis Vjaters

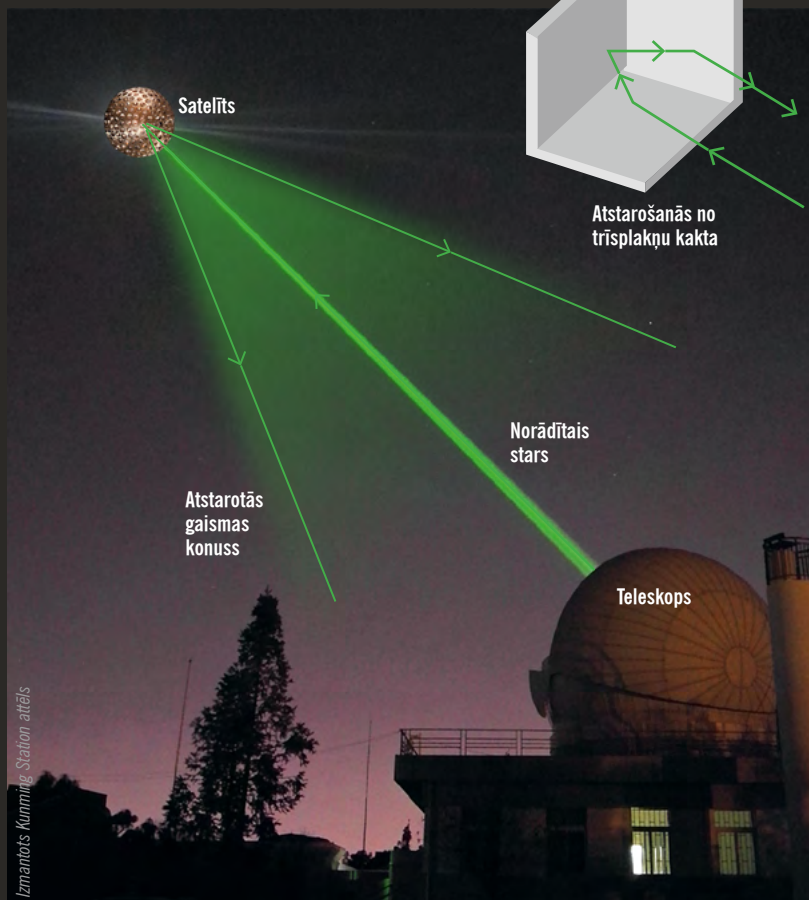
SATELĪTU LĀZERLOKĀCIJA

Satelītu lāzerlokācijas princips ir gaudzām vienkāršs – jāizmēra, cik ilgā laikā lāzera impulss aizlido līdz pavadonim un atpakaļ. Pusi no šā laika intervāla pareizina ar gaismas ātrumu un iegūst attālumu līdz pavadonim. Praktiskā realizācija ir daudz komplicētāka, jo maksimāli precīzi jāizmēra ļoti īss laika sprādis. Pat ja attālums līdz pavadonim ir 1500 kilometru, gaisma turp-atpakaļ ceļu veic vienā simtdaļā sekundes. Ja grib izmērīt šo attālumu ar dažu centimetru precizitāti, lāzera impulsam jābūt ļoti īsam, jo vienā nanosekundē gaisma veic 30 centimetrus lielu attālumu. Mērījums arī jāpiesaista precīzai laika skalai, lai noteiktu novērojuma momentu.

Teleskops jāvada tā, lai ar šauru lāzera staru trāpītu pa pavadoņi, kas kustas ar ātrumu astoņi kilometri sekundē. Ar lāzera tālmēru novēro pavadoņus, kuros uzstādīti speciāli atstarotāji, kam ir trīs perpendikulāru plakņu kaktā forma. Ja lāzera stars trāpa jebkurā atstarotāja vietā, tas trīsreiz atstarojas un virzās tieši atpakaļ. Tādā pašā veidā var mest bumbuņu istabas kaktā, un tā lidos atpakaļ tieši uz jums.

Kaut arī sākumā lāzera stars ir šaurs, nonākot atpakaļ observatorijā, tas nokļāj plašu laukumu, un gaismas uztvērējam burtiski “jāķer” atsevišķi fotoni. Situāciju varētu uzlabot, palielinot lāzera impulsa enerģiju, taču tehniski tas ir ļoti grūti. Tipiska lāzera impulsa enerģija ir 0,1 džouls, bet, ja impulsa garums ir 0,2 nanosekundes, tad tajā ir koncentrēta fantastiska jauda – 500 megavāti; šajā niecīgajā sekundes daļā tā ir vienāda ar Rīgas TEC-2 siltuma jaudu. Darbā ar šādiem lāzeriem jāievēro maksimāla piesardzība.

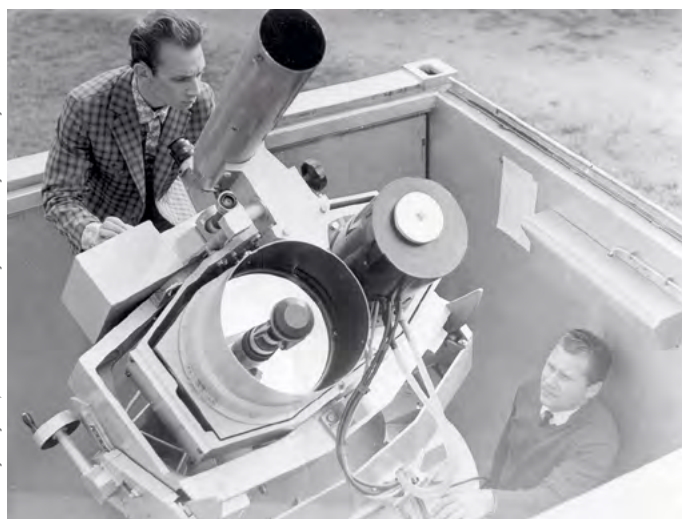
Lāzeram “šaujot” vairākas reizes sekundē, viena pavadoņa pārlidojuma



Satelītu lāzerlokācijas princips

laikā veic daudzus simtus mērījumu un iegūst atsevišķus mērījumu punktus (attālumus). Tos analizē, filtrē un apkopo, līdz iegūst vismaz 3–5 “normālpunktus”, kas arī ir novērojumu galarezultāts. Normālpunktu vērtības kopā ar novērojumu laika momentiem nosūta uz kopējo datu apstrādes centru. Kā redzam, pavadoņu lāzernovērojumi pamatā ir dienesta darbs, taču tas ir saistīts ar dažādiem tehnoloģiskiem izaicinājumiem un nepārtrauktu radošu darbu pie jaunas aparatūras, lai paaugstinātu mērījumu precizitāti. Lāzerlokācija šobrīd ir precīzākā metode, kā noteikt pavadoņu atrašanās vietu. To izmanto pavadoņu orbītu

precizēšanai, radara altimetru kalibrēšanai, Zemes gravitācijas lauka izpētei, geoīda, paisumu un Zemes orientācijas parametru noteikšanai, lāzerlokācijas staciju koordinātu un to izmaiņu noteikšanai Zemes garozas plātņu kustības ietekmē. Pavadoņu lāzerlokāciju var izmantot arī ļoti precīzai atompulksteņu salīdzināšanai, vispārīgās relativitātes efektu pētīšanai un pat tumšās matērijas meklējumiem. Iespējams sekot arī kosmiskajām atlūzām, kas nav apgādātas ar lāzera atstarotājiem. Fundamentālajās stacijās lāzerlokāciju kombinē ar ļoti garas bāzes radiointerferometriju, GPS novērojumiem un Doplera nobīdes metodi.



Augusts Rubans (augšā) un Kazimirs Lapuška pie Rīgā uzstādītā lāzera tālmēra *Interkosmos* jeb LD-1.

un Augusts Rubans. Galīgo montāžu veica Čehoslovākijā. Viss noritēja ātrā tempā, galvenā darbu daļa tika paveikta sešos mēnešos, un 1971. gada decembrī starptautiska komisija parakstīja aktu, ka lāzera tālmērs *Interkosmos* jeb LD-1 (*Lazernij daļņomer*) ir gatavs.

Satelītu novērotājs Igors Abakumovs raksta: “Darbs veicās ļoti sekmīgi un lielā pacilātībā, Ondržejovas observatorijā LD-1 darbojās no 1972. gada līdz 1975. gadam, kad tika pārcelts uz Poznaņu Polijā. Šā modeļa nedaudz uzlabotais otrais eksemplārs, kas kopā ar visu palīgaparatūru tika ievietots pielāgotā 20 tonnu kravas konteinerā, 1973. gada aprīlī tika atvests uz LVU Astronomisko observatoriju un uzstādīts observatorijas teritorijā LVU Botāniskajā dārzā. Darbs ar šo lāzera tālmēru ievadīja lāzera astronomijas ēru Latvijā.

Intensīvs iekārtas apgūšanas process turpinājās līdz pat 1973. gada beigām, kad tika veikti mērījumi pavisam 404 satelītu GEOS A, GEOS B un BEB vijumiem, sasniedzot

precizitāti ap ± 1 metrs.” Konteineru izmēri bija $2,5 \times 2,5 \times 6,25$ metri.

Astronoms un ģeodēzists Jānis Balodis augstu vērtē observatorijas speciālistu darbu: “Padomju Savienības un sociālistisko valstu kopīgi radītajā lāzera tālmēra veidošanā liels ir Māra Ābeles ieguldījums. Vienmēr ideju pilns, savus projektus viņš nekavējoties pats veido metālā, bez rasējumu izgatavošanas vai pasūtījumu organizēšanas. Viņš vienmēr saprot, cik saimnieciskie darbinieki ir aizņemti un apgrūtināti ar citiem darbiem, un tūlīt samierinās, ja, piemēram, aparatūras pamata betonēšana, paviljona būve vai paviljona krāsošana jāveic pašam. Godināšanā par paveikto darbu vienmēr pēdējais. Kā Padomju Savienības eksperts bijis 13 valstīs, bet vienmēr

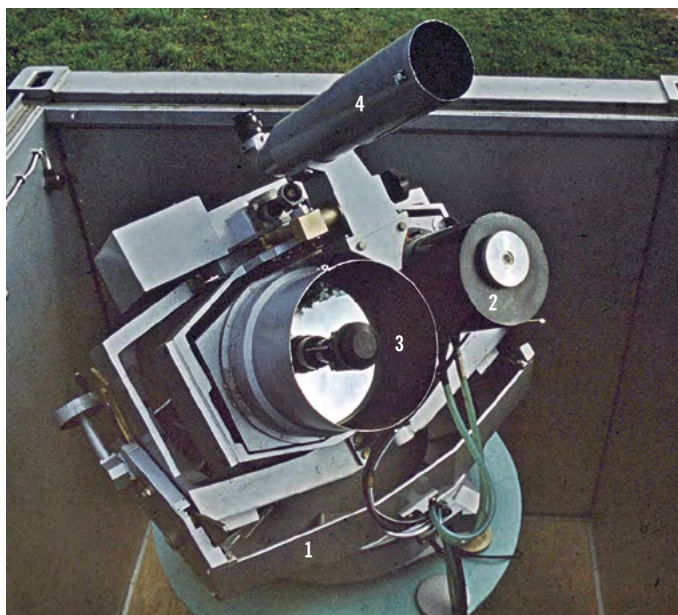


Lāzera tālmērs LD-1 un tā aparatūra konteinerā. Pie tālmēra – Juris Žagars

aizbēdzis mājās ātrāk par komandējuma laiku, jo māsas darbi deg. Kazimirs Lapuška – organizators un “melnā” zinātniskā darba darītājs. LVU ZMP optisko novērojumu laboratorijas vadītājs, atzīta autoritāte plašās padomju un ārzemju zinātnieku aprindās astronomijā un ģeodēzijā. Bez viņa stacija vispār nebūtu tapusi.”

Lāzera tālmēram LD-1 bija četras montāžas tāpat kā AFU-75 kamerai un analogais (nepārtrauktas, nevis diskrētas kustības) elektromehāniskais pievads. Sekošanas ātrumu un virzienu uz pavadoni varēja koriģēt manuāli. Uzvadīšanas precizitāte bija viena loka minūte. Rubīna kristāla lāzers raidīja 12 nanosekundes ilgus sarkanās gaismas impulsus ar viļņa garumu 694 nanometri un 100 megavatu jaudu. No pavadoņa atstarotos lāzera impulsus uztvēra 32 centimetru diametra Kasegrēna sistēmas spoguļteleskops. Operators skatījās teleskopā – gidā ar 11 centimetru objektīva diametru (palielinājums 20 reizes), vienā vījumā varēja veikt līdz 200 mērījumiem. LD-1 attāluma noteikšanas precizitāte bija 1,5–3 metri. Ar to varēja novērot pavadoņus līdz 3000 kilometru attālumam. LD-1 galvenā problēma bija trokšņi reģistrācijas sistēmā, kas traucēja izdalīt derīgos atstarojumus.

Igors Abakumovs:
“1974. gada sākumā LD-1 otrais eksemplārs tika nogādāts Ēģiptē, Heluānas observatorijā, kur sāka darbu 1974. gada



Lāzera tālmēra LD-1 uzbūve. 1 – četras montējums, 2 – lāzera stara raidītājs, 3 – uztvērējs, 4 – teleskops-gids

LU Muzeja krājums, F. Candra un Latvijas astronomijas kolekcija

septembrī. Trešais eksemplārs šajā pašā gadā tika uzstādīts netālu no Patakamajās ciemata Bolīvijā, Altiplano līdzenumā, 3400 metru augstumā virs okeāna līmeņa, apmēram pusceļā starp Lapasas un Oruro pilsētām. Ceturtais LD-1 eksemplārs 1976. gadā nonāca Kavalūras observatorijā Indijā, piektais – 1977. gadā Kubas observatorijā Santjago de Cuba, sestais – Simeīzas observatorijā un septītais Zveņigorodas observatorijā pie Maskavas.” 1984. gadā LD-1 uzstādīja arī Planas observatorijā Bulgārijā, netālu no Sofijas. Šo tālmēru uzstādīšanā un novērojumos ar tiem aktīvi piedalījās LVU Astronomiskās observatorijas darbinieki, piemēram, Augusts Rubans un Māris Ābele 1974. gadā Heluānā ieguva

850 attāluma mērījumus, novērojot pavadoņus GEOS A, GEOS B un D1C, un līdz 1978. gadam bija veikti jau 11 000 mērījumu. 1978. gadā Ēģiptē novēroja franču ģeodēzisko pavadoņi *Starlette*.

TOP NĀKAMAIS TĀLMĒRS

Kad 1974. gadā LD-1 aizveda no Rīgas uz Ēģipti, observatorijā iestājās lāzera novērojumu pārtraukums, kura laikā Māris Ābele, Kazimirs Lapuška, Augusts Rubans un citi sadarbibā ar Rīgas militāro optiski mehānisko rūpnīcu aktīvi strādāja pie jauna tālmēra konstruēšanas. Šoreiz mērķis bija, lai tas pilnībā sastāvētu no PSRS ražotiem elementiem; protams, vajadzēja novērst arī LD-1 trūkumus. 1974.–1976. gadā tapa lāzera tālmēra modelis



Lāzera tālmērs LD-2 Rīgā. Redzams lāzera stara raidītājs (melnā caurule), divi vienādi objektīvi-uztvērēji un teleskops-gids (augšā)

LD-2, kas ārzemju publikācijās bieži saukts par *Kripton*.

Tam bija divi Manžēna–Kasegrēna sistēmas uztverošie teleskopi (spoguļa diametrs 34 centimetri, fokusa attālums 100 centimetri). Optikas aprēķinos piedalījās arī Māra Ābeles sieva, fizikas un matemātikas zinātnieka kandidāte, optikas speciāliste Gundega Ābele (1937–2016), kas strādāja rūpnīcā. Uztvertais signāls tika padots uz fotoelektronu pavairotājiem. Abu kanālu mērījumus salīdzināja un, izmantojot sakrišanas shēmu, būtiski samazināja trokšņu impulsu daudzumu, lieko impulsu skaits nepārsniedza 3%. Rubīna kristāla lāzers kopā ar elektroniku bija izvietots uz teleskopa četrās montējuma un pārvietojās kopā ar to, tas ievērojami vienkāršoja konstrukciju. LD-2 bija precīzāks

sekošanas mehānisms, tāpēc varēja izmantot šaurāku lāzera staru, kura leņķiskais platums bija 45–60 loka sekundes. Salīdzinājumam – LD-1 lāzera stara platums bija 3–5 loka minūtes. Tādējādi bez lāzera enerģijas palielināšanas pieauga novērojamo pavadoņu attālums. Gidējošā teleskopa objektīva diametrs bija 25 centimetri, palielinājums – 42 reizes.

Lāzera tālmēru LD-2, kas bija kompaktāks nekā LD-1 un vairāk piemērots ekspedīcijām, sāka ražot sērijā kopš 1977. gada, taču jau 1976. gadā vienu eksemplāru saņēma Ukrainas PSR Galvenā observatorija. 1977. gadā LD-2 bija uzstādīti Rīgā, Kijevā un Irkutskā, taču tie vēl bija “jāpalaiz”. Piemēram, LVU Astronomiskā observatorija no rūpnīcas saņēma negatavu LD-2 eksemplāru,

kas bija jāpabeidz pašu spēkiem. To izdevās izdarīt 1979. gadā. Igors Abakumovs: “Pirmie mērījumi tika iegūti 1979. gada 7. jūnijā, locekļot satelītu GEOS C. Kopš šā brīža sākās sistēmātiska satelītu lāzerlokācija LVU Astronomiskajā observatorijā, kas joprojām turpinās.”

Sākumā mērījumu precizitāte nebija augsta, 1981. gadā tie bija $\pm 1,5$ metri, bet līdz 1985. gadam sadarbībā ar Ukrainas PSR Komunarskas (kopš 1991. gada Alčevskas) Kalnu metalurģijas institūta lāzeru speciālistiem tika uzstādīts labāks lāzers. Sadarbībā ar LPSR ZA Elektronikas un skaitļošanas tehnikas institūta speciālistiem 1981. gadā tika izstrādāta jauna laika intervālu mērīšanas iekārta. Ar jauno laika intervālu iekārtu un Komunarskas lāzeru *Ritm-4* 1982. gadā sasniedza ± 60 centimetru precizitāti. 1985. gadā LD-2 mērījumu precizitāte palielinājās līdz ± 40 centimetriem, kas bija tā laika labākais rezultāts PSRS. Pavadoņu novērošanas attālums pieauga no 2500 līdz 6000 kilometriem.

Observatorija ar lāzera tālmēru piedalījās programmā *Lielā Horda*, novēroja pavadoņus GEOS A, GEOS C, IKB-1300, turklāt rīdzinieki pirmie ieguva precīzus bulgāru pavadoņa lāzera novērojumus. Kopumā observēts 21 kosmiskais objekts. Novērojumus ne tikai Rīgā, bet arī Bulgārijā, Ekvadorā un Ēģiptē veica Kazimirs Lapuška, Augusts

Rubans, Igors Abakumovs un Valdis Gedrovics. 1982. gadā tika sasniegts vietējais rekords – 255 pavadoņu vijumos veikts 7501 mērījums, kas vēlāk kļuva par normu, jo 1983.–1985. gadā tika veikti 25 193 lāzera novērojumi. Rezultātus sūtīja PSRS Zinātņu akadēmijas Astronomijas padomei un citām PSRS iestādēm, Bulgārijas un Ungārijas Zinātņu akadēmijām.

1986. gadā ar LD-2 novēroja pavadoņus *Meteor 8* un EGS (3530 mērījumi). Ar šo lāzera tālmēru turpināja darbu līdz 1987. gadam, kad stājās ierindā nākamais tālmērs LS-105. Māris Ābele atceras, ka LD-2 pēc 1988. gada izjauca detaļās, no kurām daļu izmantoja citās konstrukcijās.

Igors Abakumovs: “Gadiem ejot un vairojoties pieredzei un zināšanām, pamazām izgaismojās arī modeļa LD-2 vājās puses. Pirmkārt, jau, ierobežotā mērījumu precizitāte, ko ierobežoja galvenokārt lāzera impulsa garums, pēc modernizācijas ap 15 nanosekundes. Precizitāte robežās starp 30 un 50 centimetriem bija derīga satelītu orbītu precizēšanai, bet nepietiekama rezultātu izmantošanai kosmiskajā ģeodēzijā, nosakot precīzas observatoriju koordinātas, Zemes rotācijas parametrus un kontinentu dreifa lielumu. Otrkārt, samērā vājā optiskā sistēma neļāva izdarīt vidēji tālo (vairāk par 6000 kilometri) un tālo (20 000 kilometri) satelītu lāzermērījumus, jo tos nebija iespējams vizuāli saskatīt un precīzi notēmēt



LU Muzeja krājums, F. Candra un Latvijas astronomijas kolekcija

Lāzera tālmērs LD-2 Indijā, skats no aizmugures. Pie teleskopa-gida pierīkota televīzijas kamera

staru. Treškārt, nepietiekamā sekošanas precizitāte, ko ierobežoja analogās, elektromehāniskās sistēmas iespējas, izslēdza precīzu sekošanu tālajiem satelītiem.”

Tolaik lāzera tālmērus iedalīja trīs paaudzēs. Pirmā paaudzes tālmēru atsevišķo mērījumu (*single shot*) vidējā kvadrātiskā kļūda bija apmēram viens metrs, otrās paaudzes – 10 centimetri, trešās paaudzes – 3 centimetri. Pirmie amerikāņu un franču lāzera tālmēri, kā arī LD-1 un LD-2 piederēja pie 1. paaudzes. 20. gadsimta 70. gadu vidū ASV sāka būvēt 2. paaudzes lāzera tālmērus, kuru

tipiskā precizitāte bija labāka par 20 centimetriem, piemēram, Godarda Kosmosa centra lāzera tālmērs STALAS 1976. gadā sasniedza septiņu centimetru precizitāti. Rīdiniem bija jācenšas turēt līdz. Teleskopi un mehāniskās konstrukcijas nebija sliktākas kā ārzemju paraugiem, vienīgi nebija lāzera ar īsu impulsu, pietiekami precīzu laika intervālu mērītāju un gana jutīgu gaismas uztvērēju. Piemēram, STALAS lāzera impulsa garums bija 0,1 nanosekunde, bet rīdiniem lāzera – 150 reižu lielāks. ✎

Nobeigums sekos



Jelgavas astronomu 19. gadsimta sasniegumi

TURPINĀM IZZINĀT ASTRONOMU DARBĪBU JELGAVAS OBSERVATORIJĀ.
ŠOREIZ – PAR BŪTISKĀKAJIEM NOTIKUMIEM 19. GADSIMTĀ.

Pēc Vilhelma Gotlība Frīdriha Beitlera nāves 1811. gadā matemātikas profesora vieta Jelgavas ģimnāzijā kļuva vakanta un tāda palika līdz

1813. gadam, kad no Tērbatas Universitātes uzaicināja Magnusu Georgu Paukeru (1787–1855), pirmo, kurš Tērbatā lasīja speciālu astronomijas kursu un, iespējams,

bija mācījis nākamo Pulkovas (1839) astronomiskās observatorijas dibinātāju Vilhelmu (Vasiliju) Strūvi. M. G. Paukers kļuva par Beitlera darba turpinātāju. Viņš bija

dzimis Igaunijā, Tērbatas Universitātē studējis eksaktās zinātnes – astronomiju, mehāniku, hidrauliku u. c. –, pēc tam pievērsies kartogrāfijai un ģeodēzijai. Lai papildinātu savas zināšanas hidraulikā, M. G. Paukers 1809. gadā devās uz Pēterburgu, kur izveidoja optiskā telegrāfa līniju starp Pēterburgu un Carskoje Selo. Turpmāk viņš strādāja par matemātikas un dabaszinātņu profesoru Viborgas ģimnāzijā, 1811. gadā kļuva par matemātikas docentu un astronomu-novērotāju Tērbatas Universitātē, bet ar astronomiskajiem novērojumiem nenodarbojās.

Nav skaidri zināms, kādi iemesli pamudināja M. G. Paukeru atteikties no Tērbatas Universitātes piedāvātās štata vietas; iespējams, tie bija tīri finansiāli. Paukers pieņēma *Gymnasium Illustré* piedāvājumu.

Jelgavā Magnuss Georgs Paukers bija ne tikai pedagogs, bet arī samērā rosīgs zinātniskajā darbā, pievērsdamies dažādiem astronomijas, ģeodēzijas un citu nozaru pētījumiem.

SADARBĪBA AR VILHELMU STRŪVI

1816. gada septembrī Magnuss Georgs Paukers kopā ar Tērbatas Universitātes profesoru A. Cekelu noteica Kolkasraga bākas ģeogrāfisko stāvokli. Nedaudz vēlāk viņš piedalījās Vilhelma Strūves loka galapunktu – Jēkabpils un Hoglandes (tagadējā Sūrsāre) – ģeogrāfiskā

platuma noteikšanā, turklāt šim nolūkam Jēkabpilī tika izmantots Jelgavas ģimnāzijas jaunais, tikko no Minhēnes atsūtītais Reihēnbaha un Ertela 18 collu vertikālriņķis, kam bija dažas konstruktīvas priekšrocības salīdzinājumā ar Tērbatā esošo instrumentu.

Arī turpmāk Paukers sadarbojās ar Strūvi, kas tobrīd strādāja Tērbatas Universitātes matemātikas un astronomijas katedrā un veica dažādus ģeodēziskus mērījumus, piemēram, noteica un precizēja Slokas – Rīgas līča vistālākā dienvidu punkta – ģeogrāfiskās koordinātas.

1823. un 1828. gadā Paukers precizēja arī Jelgavas observatorijas ģeogrāfisko platumu. Viņa darbības laikā Jelgavas ģimnāzijas observatorijā savus mērījumus veica arī pazīstamie Krievijas ģeodēzisti F. Šuberts jaunākais (1789–1865) un J. Hodzjko (1800–1881), kuri precizēja Jelgavas ģeogrāfiskās koordinātas plašākam Krievijas teritorijas aprakstam.

Jelgavas observatorijā M. G. Paukers veica arī meteoroloģiskus novērojumus.



Magnusa Georga Paukera portrets

Kopš 1815. gada viņš turpināja V. Beitlera aizsākto darbu – izdeva Jelgavas kalendāru (jāatgādina, ka kalendāra izdošanas privilēģija Jelgavas ģimnāzijai palika līdz 1867. gadam).

Paukers par saviem novērojumiem informāciju sniedza arī Kurzemes Literatūras un mākslas biedrības sēdēs un ar lielu lepnumu runāja par Jelgavas observatoriju – vienu no 96 pasaules un astoņiem Krievijas impērijas “Urānijas templiem”.

Jāpaskaidro, ka Urānija bija sengrieķu astronomijas mūza. Tomēr observatorija neatbilda zinātnisku pētījumu prasībām.

”
PAUKERS PAR SAVIEM NOVĒROJUMIEM
INFORMĀCIJU SNIEDZA ARĪ KURZEMES
LITERATŪRAS UN MĀKSLAS BIEDRĪBAS
SĒDĒS UN AR LIELU LEPNUMU RUNĀJA
PAR JELGAVAS OBSERVATORIJU – VIENU
NO 96 PASAULES UN ASTOŅIEM KRIEVIJAS
IMPĒRIJAS “URĀNIJAS TEMPLIEM”.

KURZEMES ZINĀTNIKIS PROFESORS
DR. MAGNUSS GEORGS PAUKERS
1787 - 1855



Attēls no JI/MIM krājuma

Magnusam Georgam Paukeram veltītais rakstu krājums

NEPIEPILDĪTAIS SAPNIS PAR OBSERVATORIJU

M. G. Paukers cerēja ar Tērbatas Universitātes profesora Strūves atbalstu Jelgavā uzcelt jaunu observatoriju. Tās celtniecību viņš pamatoja ar to, ka observatorijā, kas atradās ģimnāzijas ēkas dienvidu erkerā, iespējams novērot vienīgi Polārzcvaigznes apakšējo kulmināciju – pārējo meridiāna ziemeļu daļu aizsedzot ēka. Jauno astronomisko observatoriju (ar diviem pilnīgi brīviem meridiāna šķēļumiem) Paukers bija iecerējis būvēt līdzenā vietā netālu no ģimnāzijas. Paukera cerības nepiepildījās. Līdzekļi jaunas observatorijas celtniecībai un jaunu instrumentu iegādei neatradās, bet pirms pusgadsimta iegādātie instrumenti arvien vairāk morāli novecoja – ar tiem vairs nebija iespējams iegūt laikmetam atbilstošas precizitātes novērojumus.

19. gadsimta 20. gadu beigās astronomiskos novērojumus pārtrauca. Paukera darbības nogalē, 40. gadu sākumā, tika pārbūvēta Jelgavas ģimnāzijas ēka. Dakstiņu jumta vietā tai uzlika lēzenāku skārda jumtu, līdz ar to tika likvidēta agrākā observatorija, bet jaunās vajadzībām izveidoja torni ar grozāmu kupolu. Tomēr Paukers atteicās tornī ierīkot observatoriju, jo tas nederēja astronomisko instrumentu novietošanai, kuriem bija vajadzīgs stabils pamats. Tā instrumenti gandrīz gadsimta ceturksni nogulēja fizikas un matemātikas kabinetos.

IEGULDĪJUMS CITU ZINĀTŅU ATTĪSTĪBĀ

Nepiepildījies cerības izveidot astronomisko observatoriju, M. G. Paukers pievērsās pētījumiem matemātikā, fizikā un metroloģijā. Viņš publicējis daudz nozīmīgu darbu ne tikai astronomijā, bet arī ģeodēzijā un minētajās eksakto zinātņu nozarēs.

Tāpat M. G. Paukers tiek uzskatīts par vienu no matemātikās statistikas pamatlicējiem. Viņa ļoti rosīgā darbība (tieši pēc viņa iniciatīvas 1817. gadā Jelgavā nodibināja Kurzemes Literatūras un mākslas biedrību) labvēlīgi ietekmēja sabiedrības kultūras līmeni gan Jelgavā, gan visā Baltijā. Paukers izaudzināja vairākus izcilus skolniekus, arī vēlāko akadēmiķi Ādolfu Kupferu – metroloģijas pamatlicēju Krievijā, kura skolnieks savukārt bija Dmitrijs Mendeļejevs.

Jelgavas astronomiskā observatorija, par spīti nelabvēlīgiem apstākļiem, Paukera darbības sākumā uzrādīja zināmu rosību, kaut arī neatstāja paliekošus zinātniskus darbus.

Atzīmējot M. G. Paukera 225. dzimšanas dienu, RTU kopā ar Jelgavas muzeju 2012. gada 16. novembrī atvēra izstādi *Jelgava – astronomiski ģeodēziskās uzņēmības aizsācēja Baltijā*. Tajā tika eksponēta mērniecības instrumentu kolekcija, kā arī G. Paukera oriģināldarbi un šo darbu titullapas no Jāņa Klētnieka kolekcijas. 2012. gada 23. novembrī Ģederta Eliasa Jelgavas Vēstures un mākslas muzejā notika profesoram Magnusam Georgam Paukeram veltīta starptautiska zinātniska konference. Tās materiālu krājums iznāca gada beigās.

AUGUSTA NAPIERSKA DARBĪBA

Nākamais posms Jelgavas observatorijas un astronomu veikumā saistāms ar poļu izcelsmes zinātnieku Augustu Napjerski (1823–1885). Te vietā neliela atkāpe par poļu saistību ar Mītavu. 1830.–1831. gadā pēc poļu sacelšanās Krievijas imperators Nikolajs I slēdza Varšavas un Viļņas Universitāti. Bet jau līdz slēgšanai poļu jaunatne nelabprāt devās studēt uz rusificēto Varšavas Universitāti, kurā poļu studentu uzņemšana bija ierobežota. Poļu jaunieši labprāt arī devās mācīties uz Jelgavas ģimnāziju, kurā tolaik varēja iegūt ļoti labu izglītību. Pēc 1863. gada

sacelšanās Polijā un Lietuvā daudzas skolas tika slēgtas, un poļu skaits Jelgavas ģimnāzijā pieauga. Kauņas, kā arī Polijas universitātēs strādāja vairāki docētāji – Jelgavas ģimnāzijas absolventi.

1847. gadā par Jelgavas ģimnāzijas matemātikas virsskolotāju un astronomiskās observatorijas pārzini kļuva Augusts Napjerskis, ievērojama Baltijas novadpētnieka dēls. Sākumā viņš Jelgavā veica tikai meteoroloģiskus

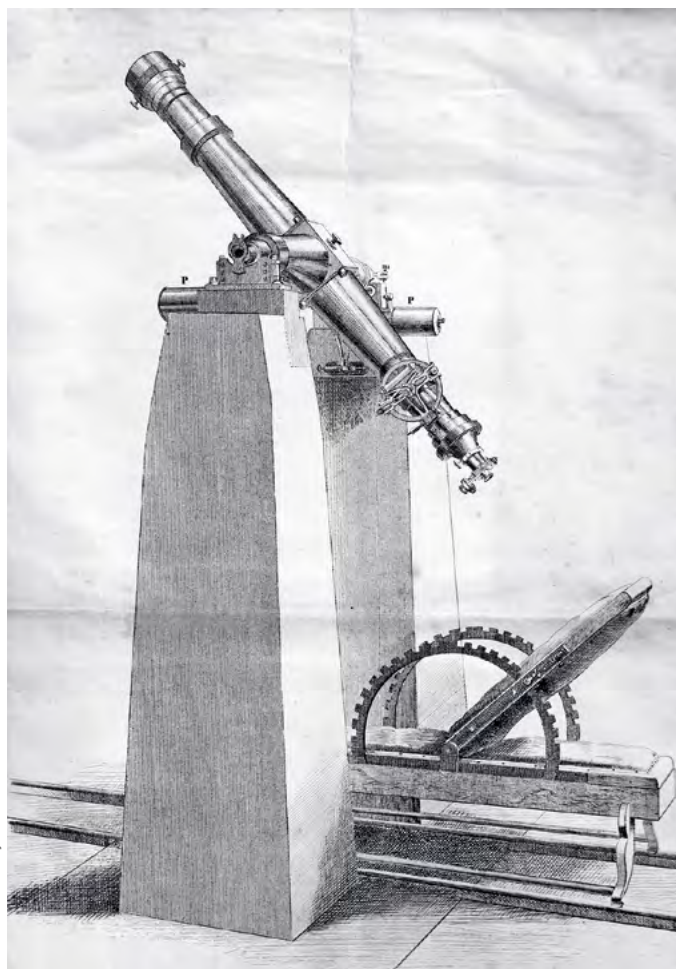
19. GADSIMTA 70. GADU BEIGĀS NAPJERSKIS PĀRGĀJA DARBĀ UZ CENTRĀLO FIZIKĀLO OBSERVATORIJU PĒTERBURGĀ. KOPŠ TĀ LAIKA ZINĀTNISKI ASTRONOMISKIE NOVĒROJUMI JELGAVAS OBSERVATORIJĀ VAIRS NETIKA VEIKTI.

novērojumus. 1863. gadā tika atvēlēti līdzekļi arī observatorijas vajadzībām. Par

šo naudu ģimnāzijas pagalmā uzbūvēja nelielu mājiņu ar dziļu un stabilu pamatu instrumentiem (tā saukto meridiāna zāli). Gadu vēlāk tika iegādāts moderns pasāžinstruments. 1869.–1873. gadā Napjerskis noteica Jelgavas ģeogrāfisko platumu un veica astronomiskus novērojumus.

19. gadsimta 70. gadu beigās Napjerskis pārgāja darbā uz Centrālo fizikālo observatoriju Pēterburgā. Kopš tā laika zinātniski astronomiskie novērojumi Jelgavas observatorijā vairs netika veikti.

Ģimnāzijas observatoriju atzina par nevajadzīgu un pēc 1901. gada nojauca. Kur palika astronomiskie instrumenti, nav zināms; iespējams, tie glabājās ģimnāzijas ēkā līdz 1919. gadam, kad ēku nodedzināja bermontieši. Līdz ar to pirmā observatorija Latvijas teritorijā beidza pastāvēt. Diemžēl mūsu rīcībā nav A. Napjerska portreta vai fotogrāfijas un viņa observatorijas attēla. Arī muzeja apkārtnē ap 2007.–2010. gadu veiktie zemes darbi nav ļāvuši noteikt observatorijas īsto atrašanās vietu vai jebkādas tās paliekas. 🍀



Attēls no JMMH krājuma

Augusta Napjerska pasāžinstruments



Divas diennaktis Rencēnos

Pēc semināra *Ērglis 2021*, kas pandēmijas ierobežojumu apstākļos notika vienu dienu, kļuva skaidrs, ka šo vasaras astronomijas semināru neatņemama sastāvdaļa ir ne tikai lekcijas un projektu darbi, bet arī apkārtnes iepazīšana, izzinošas spēles un, protams, nakts novērojumi. Tāpēc 2022. gadā Latvijas Astronomijas biedrība atgriezās pie agrākā formāta. No 12. līdz 14. augustam Rencēnu pamatskolā pulcējās vairāk nekā četrdesmit interesentu.

Lekciju programma bija piesātināta. LU Astronomijas institūta pētnieks Ilgonis Vilks stāstīja par gravitācijas viļņu astronomiju, Zviedrijas KTH Kosmosa fizikas institūta pētnieks Andris Vaivads attālināti iepazīstināja ar

Saules aktivitāti un ziemeļblāzmu pētījumiem, kosmisko pavadoņu inženieris Roberts Purvinskis, kurš strādā Vācijā, paskaidroja, kā tehniski reģistrēt notikumu, kad asteroīds aizklāj zvaigzni, Mārtiņš Gills pievērsās astronomijas mobilo lietotņu izmantošanai. LU Astronomijas institūta pārstāvji Kalvis Salmiņš un Jānis Kauliņš pastāstīja par pavadoņu lāzerlokāciju, fotometriju un konkrēta lāzerlokācijas teleskopa uzbūvi. Ar astrofotografēšanas prasmēm un niansēm pieredzē dalījās Jānis Šatrovskis, kurš savas skaistās ziemeļblāzmu fotogrāfijas vairākus gadus ir uzņēmis netālu no semināra norises vietas – Burtniekos.

Šajā reizē perseīdu maksimuma laiks sakrita ar

pilnmēnesi, kas varētu traucēt debess novērojumus. Tomēr abās naktīs no skolas sporta laukuma izdevās saskaitīt lielu daudzumu meteoru, kā arī teleskopos novērot planētas – Jupiteru ar tā pavadoņiem, Saturnu, Marsu, Urānu un Neptūnu. Vairāki nakts projekti bija saistīti ar Mēness novērojumiem. Tomēr savā ziņā negaidīts un emocionāli piepildīts nakts novērojumu moments nenāca no tālā kosmosa, bet gan no raķešu kompānijas *SpaceX*. Proti – naktī no 12. uz 13. augustu nakts debess vērotāji virs Lielā Lāča "kausa" pēkšņi pamanīja nelielu apaļu gaišu plankumu, kas samērā strauji pārvietojās lejup ziemeļu virzienā. Bija skaidrs, ka tas nav miglājs, planēta, meteors vai gaisa balons. Pēc

operatīvas versiju apspriešanas un meklējumiem internetā izrādījās, ka tas ir *Starlink* pavadoņu grupas G3-3 orbītas manevrs. 13. augustā pulksten 0.40 pēc Latvijas laika no Vandenbergas Kosmosa spēku bāzes ar vienu startu orbītā bija nogādāti 46 pavadoņi. Tie tika ievadīti orbītā ar slīpumu 97,6°, un pamazām pavadoņi sāka izkļiedties pa orbītu. Nākamās dienas laikā sapratām, ka naktī no 13. uz 14. augustu jānoķer mirklis, kad šie tikko palastie pavadoņi pārlidos mūsu redzeslauku. Un tiešām skats bija tā vērts – burtiski kā vilcieniņš cieši cits aiz cita raitā gaitā debesi pārlidoja vairāki desmiti *Starlink* pavadoņu.

Ārpus lekcijām, novērojumiem un projekta darbiem bija iespēja apgūt prasmes sudrabaino mākoņu attēlu apstrādē, piedalīties orientēšanās spēlē pa Rencēniem, sacensties teleskopa salikšanas un izjaukšanas veiklībā. Šajā seminārā ikviens tik pilnvērtīgi uzturēja astronomisko garu, ka tika nolemts nevērtēt projektu komandas pēc sacensību principiem. Visi izstrādātie projekti saistībā ar Mēness izmēriem, kustību un novietojumu pie debess bija veikti radoši un pārdomāti.

Lai cik intensīvi tika izmantots laiks, šķita, ka vajadzētu atgriezties pie trīs diennaktis ilga semināra – no ceturtdienas līdz svētdienai. Domājams, tad pietiktu laika gan ekskursijām, gan plašāk izstrādātiem projektiem un papildu erudīcijas spēlēm. 🗨



Foto: Mārtiņš Gilis

Saules novērojumi ar speciālu teleskopu



Foto: Mārtiņš Gilis

Sudrabaino mākoņu attēlu apstrādes praktiskums



Foto: Ilgums Vilks

14. augusta pirmajās stundās bija vērojams *Starlink* pavadoņu "vilciens"

DEBESS SPĪDEKLĪ

2022./2023. gada ziemā



Zvaigžņotās debess izskats dienvidu pusē 20. janvāra vakarā pulksten 24.00 un 20. februāra vakarā pulksten 22.00

Astronomiskā ziema 2022. gadā sāksies 21. decembrī plkst. 23^h48^m. Šajā brīdī Saule ieies Mežāža zodiaka zīmē (♋), un tai tad būs maksimālā negatīvā deklinācija. Kopš šā laika tā sāks pieaugt – tāpēc šo notikumu sauc arī par ziemas saulgriežiem,

kam jau kopš seniem laikiem ir bijusi liela nozīme daudzu tautu dzīves ritmā. 2023. gada 4. janvārī plkst. 22^h Zeme atradīsies vistuvāk Saulei (perihēlijā) – 0,983 astronomiskās vienības. 2022./2023. gada astronomiskā ziema beigsies 21. martā plkst. 0^h25^m, kad

Saule nonāks pavasara punktā un ieies Auna zodiaka zīmē (♈). Šajā laikā diena un nakts ir apmēram vienādi garas. Tāpēc šo notikumu sauc par pavasara ekvinokciju. Ziemas debesis ir ļoti pievilcīgas un skaistas, jo galvenie zvaigznāji ir bagātīgi ar spožām zvaigznēm. Sevišķi

šajā ziņā izceļas skaistākais debesu zvaigznājs Orions. Viegli atrodami un izteiksmīgi ir arī Vērša, Vedēja, Perseja, Dvīņu, Lielā Suņa un Mazā Suņa zvaigznāji. Tā saukto ziemas trijstūri veido trīs pirmā lieluma zvaigznes – Sīriuss (Lielā Suņa α), Procioms (Mazā Suņa α) un Betelgeize (Oriona α). Vērša zvaigznājā viegli ieraugamas vaļējās zvaigžņu kopas – Hiādes un Plejādes (Sietinš). Ar optikas palīdzību var ieteikt aplūkot šādus debess dzīļu objektus: Oriona miglāju M 42–43 (Oriona zvaigznājā); vaļējo zvaigžņu kopu M 37 (Vedēja zvaigznājā); vaļējo zvaigžņu kopu M 35 (Dvīņu zvaigznājā); Rozetes miglāju (Vienradža zvaigznājā); zvaigžņu kopu NGC 2244 (Vienradža zvaigznājā); vaļējo zvaigžņu kopu M 48 (Hidras zvaigznājā); vaļējo zvaigžņu kopu M44 (Vēža zvaigznājā). Galvenie trūkumi ziemas zvaigžņotās debess novērošanā Latvijā ir divi – maz skaidra laika un lielais, stindzinošais aukstums tad, kad ir skaidrs laiks. Saules šķietamais ceļš 2022./2023. gada ziemā kopā ar planētām parādīts 1. attēlā.

PLANĒTAS

Ziemas sākumā **Merkuram** būs liela austrumu elongācija (20°). Tāpēc ap Ziemassvētkiem vakaros, neilgu laiku pēc Saules rieta, dienvidrietumos zemu pie horizonta varēs mēģināt novērot Merkuru. Bet jau 7. janvārī

tas nonāks apakšējā konjunkcijā ar Sauli (starp Zemi un to) – janvāra pirmajā pusē Merkurs nebūs redzams.

30. janvārī Merkurs nonāks maksimālajā rietumu elongācijā (25°). Tomēr arī janvāra otrajā pusē februārī tas nebūs rītos novērojams – lēks īsu brīdi pirms Saules. 17. martā Merkurs atradīsies augšējā konjunkcijā ar Sauli (aiz tās) – arī martā, līdz pat ziemas beigām, tas nebūs redzams. 24. decembrī plkst. 21^h Mēness paies garām 4° uz leju, 20. janvārī plkst. 11^h 8° uz leju un 19. februārī plkst. 0^h 4° uz leju no Merkura.

Ziemas sākumā **Veneras** austrumu elongācija būs maza, un tā nebūs redzama.

Elongācija visu laiku palielināsies, un jau ap 10. janvārī to varēs sākt novērot vakaros, īsu brīdi pēc Saules rieta, dienvidrietumu pusē. Tās spožums būs $-3^m,9$.

Veneras redzamība visu ziemu uzlabosies. 1. februārī laika intervāls starp Saules un Veneras rietiem jau būs lielāks par 2 stundām, 1. martā tas būs 3 stundas. Vienīgi spožums nemainīsies.

Pašās ziemas beigās Veneras elongācija būs jau 35° . Tā būs ļoti labi redzama vakaros, vairāk nekā 3 stundas pēc Saules rieta. Veneras spožums būs $-4^m,0$.

24. decembrī plkst. 14^h Mēness paies garām 4° uz leju, 23. janvārī plkst. 12^h 4° uz leju un 22. februārī plkst. 11^h 3° uz leju no Veneras.

Visu ziemu **Marss** būs labi novērojams. Ziemas sākumā un janvāra pirmajā pusē tā redzamības periods būs visa nakts. Spožums tad sasniegs $-1^m,5$; leņķiskais diametrs būs $16''$.

Visu ziemu Marss atradīsies Vērša zvaigznājā.

Arī janvāra otrajā pusē, februārī un martā Marss būs labi redzams gandrīz visu nakti, izņemot rīta stundas. Spožums gan samazināsies jūtami. Marta vidū tas būs vairs tikai $+0^m,7$.

3. janvārī plkst. 21^h Mēness paies garām 1° uz leju,

31. janvārī plkst. 6^h 1° uz leju no Marsa, un 28. februārī plkst. 6^h Mēness aizklās Marsu (zem horizonta).

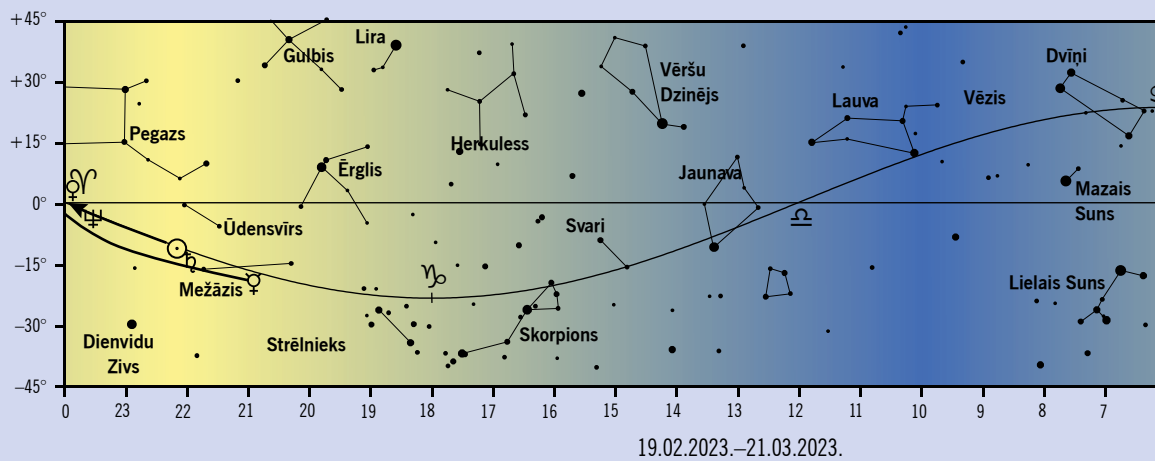
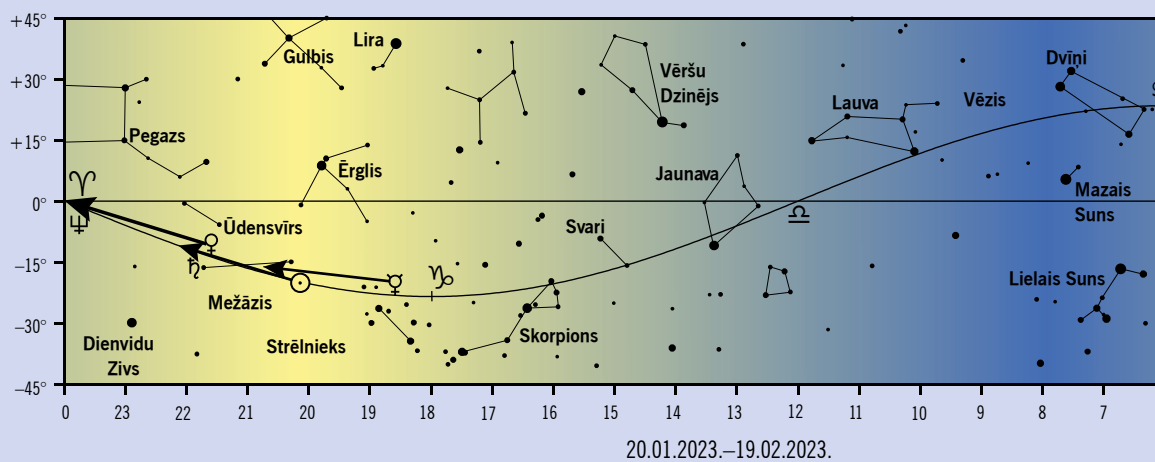
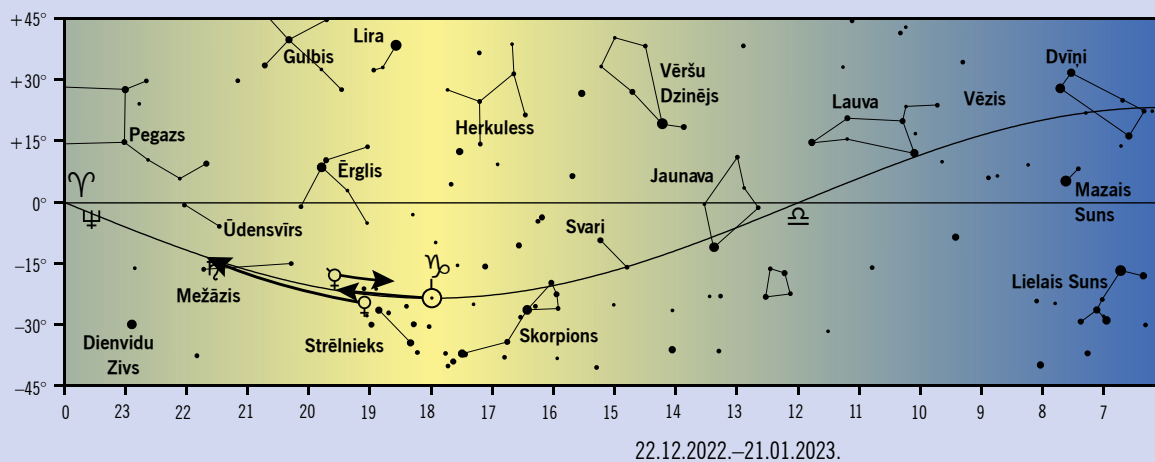
Ziemas sākumā un janvāra pirmajā pusē **Jupiters** būs labi novērojams nakts pirmajā pusē. Tā spožums būs $-2^m,4$.

Janvāra otrajā pusē un februārī Jupiters būs labi redzams vakaros vairākas stundas pēc Saules rieta. Martā tas būs novērojams vairs tikai īsu brīdi pēc Saules rieta.

Visu ziemu Jupiters atradīsies Zivju zvaigznājā, tuvu robežai ar Vaļa zvaigznāju.

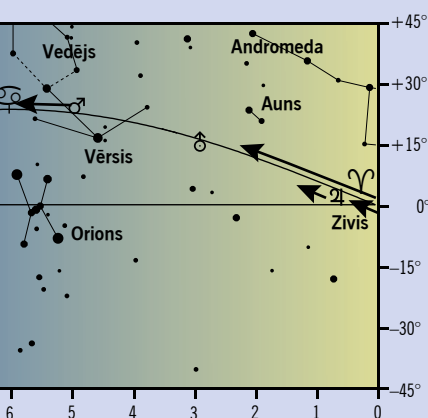
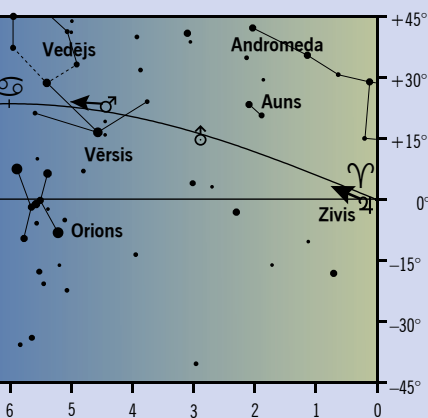
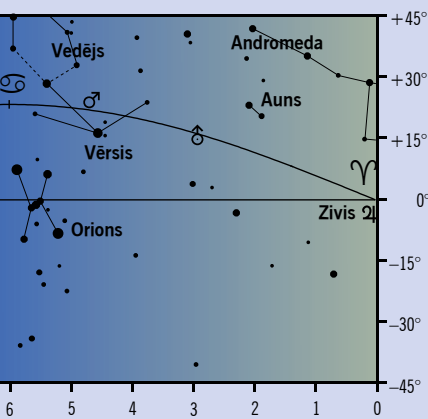
29. decembrī plkst. 14^h Mēness paies garām 3° uz leju, 26. janvārī plkst. 5^h 3° uz leju un 23. februārī plkst. 0^h 2° uz leju no Jupitera.

Ziemas sākumā un janvārī **Saturns** būs novērojams neilgu laiku vakaros, tūlīt pēc Saules rieta. Tā spožums būs $+0^m,8$; tas atradīsies Mežāža zvaigznājā. Februārī Saturns



Janis Kauliņš

Saules šķietamais ceļš 2022./2023. gada ziemā kopā ar planētām



nebūs redzams – 16. februārī tas būs konjunkcijā ar Sauli. Martā Saturna elongācija būs diezgan liela, tomēr arī ziemas beigās tas nebūs novērojams. Februāra vidū Saturns pāries uz Ūdensvīra zvaigznāju. 26. decembrī plkst. 20^h Mēness paies garām 5° uz leju, 23. janvārī plkst. 11^h 5° uz leju, 20. februārī plkst. 3^h 4° uz leju un 19. martā plkst. 19^h 4° uz leju no Saturna.

Ziemas sākumā un janvārī **Urāns** būs novērojams nakts pirmajā pusē dienvidrietumu, rietumu pusē. Tā spožums šajā laikā būs +5^m, 7. Februārī un martā, līdz pat ziemas beigām, tas būs redzams vakaros. Visu ziemu Urāns atradīsies Auna zvaigznājā. 2. janvārī plkst. 1^h Mēness aizklās Urānu, 29. janvārī plkst. 6^h Mēness aizklās Urānu (zem horizonta), un 25. februārī plkst. 14^h Mēness paies garām 0,5° uz augšu no Urāna.

MAZĀS PLANĒTAS

2022./2023. gada ziemā opozīcijā vai tuvu opozīcijai un spožākas par +9^m būs trīs mazās planētas – Cerera (1), Pallāda (2) un Hēbe (6).

Cerera

Datums	α_{2000}	δ_{2000}	Attālums no Zemes, au	Attālums no Saules, au	Spožums
22.12.	12 ^h 20 ^m	+10°02'	2,364	2,550	8,3
1.01.	12 ^h 29 ^m	+9°47'	2,237	2,550	8,2
11.01.	12 ^h 38 ^m	+9°47'	2,112	2,551	8,0
21.01.	12 ^h 44 ^m	+10°04'	1,994	2,553	7,9
31.01.	12 ^h 47 ^m	+10°36'	1,884	2,555	7,7
10.02.	12 ^h 48 ^m	+11°24'	1,787	2,557	7,5
20.02.	12 ^h 47 ^m	+12°24'	1,707	2,559	7,3
2.03.	12 ^h 42 ^m	+13°30'	1,647	2,562	7,1
12.03.	12 ^h 36 ^m	+14°34'	1,610	2,565	7,0
22.03.	12 ^h 27 ^m	+15°30'	1,599	2,569	6,9

Pallāda

Datums	α_{2000}	δ_{2000}	Attālums no Zemes, au	Attālums no Saules, au	Spožums
11.01.	6 ^h 47 ^m	-30°59'	1,422	2,155	7,6
21.01.	6 ^h 39 ^m	-29°00'	1,413	2,147	7,6
31.01.	6 ^h 34 ^m	-26°11'	1,420	2,142	7,6
10.02.	6 ^h 31 ^m	-22°46'	1,443	2,137	7,7
20.02.	6 ^h 32 ^m	-18°57'	1,482	2,134	7,7
2.03.	6 ^h 36 ^m	-14°59'	1,536	2,133	7,9
12.03.	6 ^h 43 ^m	-11°06'	1,605	2,133	8,0
22.03.	6 ^h 53 ^m	-7°25'	1,686	2,134	8,1

Hēbe

Datums	C_{2000}	δ_{2000}	Attālums no Zemes, au	Attālums no Saules, au	Spožums
1.01.	8 ^h 50 ^m	+9°42'	1,533	2,418	9,2
11.01.	8 ^h 42 ^m	+11°00'	1,496	2,440	9,0
21.01.	8 ^h 33 ^m	+12°33'	1,486	2,462	8,7
31.01.	8 ^h 23 ^m	+14°13'	1,504	2,484	8,8
10.02.	8 ^h 13 ^m	+15°51'	1,552	2,506	9,1
20.02.	8 ^h 06 ^m	+17°20'	1,627	2,527	9,4

KOMĒTAS C/2022 E3 (ZTF) komēta

Šī komēta 2023. gada 13. janvārī būs perihēlijā. 2022./2023. gada ziemā tā būs labi novērojama ar binokļa un teleskopa palīdzību un, iespējams, būs redzama pat ar neapbruņotu aci. Turklāt janvārī un februāra sākumā tā nenorientēs! Komētas efemerīda ir šāda (0^h U.T.):

Datums	C_{2000}	δ_{2000}	Attālums no Zemes, au	Attālums no Saules, au	Spožums
22.12.	15 ^h 54 ^m	+27°50'	1,302	1,167	8,7
1.01.	15 ^h 53 ^m	+31°05'	1,039	1,129	8,1
11.01.	15 ^h 49 ^m	+37°12'	0,758	1,113	7,4
21.01.	15 ^h 33 ^m	+51°13'	0,479	1,120	6,4
31.01.	8 ^h 44 ^m	+79°19'	0,290	1,151	5,4
10.02.	4 ^h 51 ^m	+29°24'	0,395	1,203	6,3
20.02.	4 ^h 39 ^m	+8°52'	0,667	1,271	7,7
2.03.	4 ^h 39 ^m	+0°48'	0,968	1,354	8,7
12.03.	4 ^h 42 ^m	-3°20'	1,266	1,447	9,6

MĒNESS

Mēness perigejā un apogejā

Perigejā: 24. decembrī plkst. 11^h; 21. janvārī plkst. 23^h; 19. februārī plkst. 11^h; 19. martā plkst. 18^h.
Apogejā: 8. janvārī plkst. 11^h; 4. februārī plkst. 11^h; 3. martā plkst. 20^h.

Mēness fāzes

● Jauns:
23. decembrī 12^h16^m;
21. janvārī 22^h53^m;
20. februārī 9^h06^m.

● Pirmais ceturksnis:
30. decembrī 3^h20^m;
28. janvārī 17^h19^m;
27. februārī 10^h06^m.

○ Pilnmēness:
7. janvārī 1^h08^m;
5. februārī 20^h29^m;
7. martā 14^h40^m.

● Pēdējais ceturksnis:
15. janvārī 4^h10^m;
13. februārī 18^h01^m;
15. martā 5^h08^m.

METEORI

Ziemā ir novērojama viena stipra meteoru plūsma – **Kvadrantīdas**. Tās aktivitātes periods ir laikā no 26. decembra līdz 16. janvārim. 2023. gadā maksimums gaidāms naktī no 3. uz 4. janvāri. Tad plūsmas intensitāte var sasniegt 120 meteorus stundā, lai arī iespējamās tās svārstības intervālā no 60 līdz 200.

Mēness aizklāj spožākās zvaigznes un planētas

Datums	Zvaigzne	Spožums	Aizklāšana	Atklāšana	Mēness augstums	Mēness fāze
2.01.2023.	Urāns	5 ^m ,7	0 ^h 45 ^m	1 ^h 26 ^m	28°–22°	78%
27.01.2023.	o Psc	4 ^m ,3	23 ^h 13 ^m	23 ^h 50 ^m	12°–7°	42%

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



ABONĒ ŽURNĀLU *ZVAIGŽNOTĀ DEBESS*

UN ARĪ TURPMĀK UZZINI PAR
JAUNĀKAJIEM ATKLĀJUMIEM ASTRONOMIJĀ!

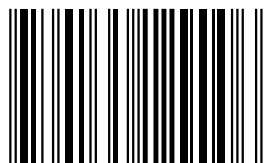
ABONĒ LATVIJAS PASTA NODAĻS VAI INTERNETĀ: PASTS.LV
ABONĒŠANAS INDEKSS LATVIJAS PASTĀ: 2214

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



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

ISSN 0135-129X



0 4 >

Cena 3,00 €

9 770135 129006 >