

Zvaigžņotā DEBESS

2022
RUDENS

PIRMIE
attēli
ar Veba
teleskopu

JELGAVAS
astronomiskā
vēsture

JAUNS
logs uz Visumu

Curiosity 10 gadu
JUBILEJA

Izdevējs



LĀTVIJAS
UNIVERSITĀTE



Astrotūrisma objekts

38. lpp.



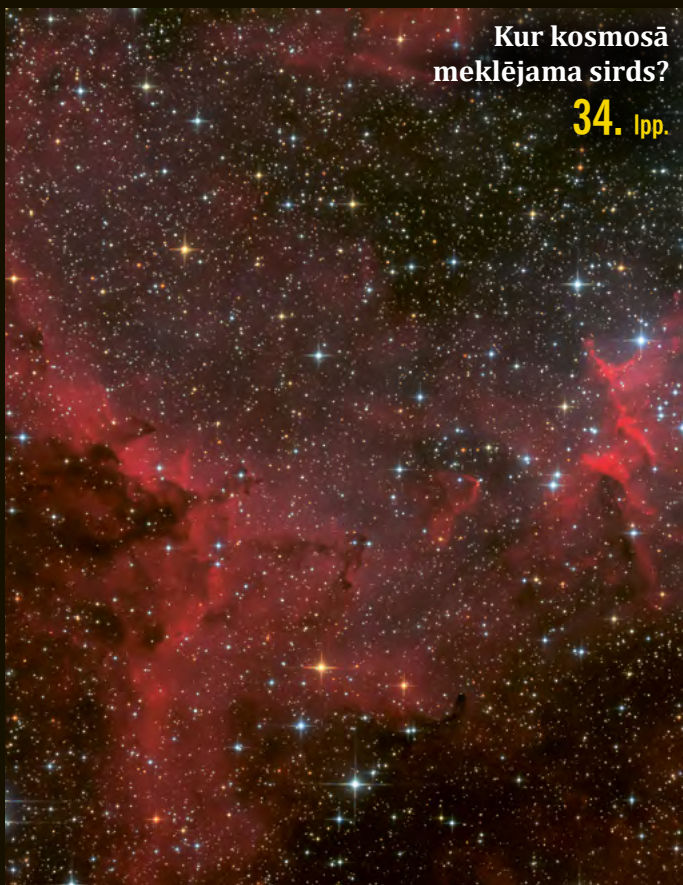
Lasi Zvaigžņoto Debēsi
no A līdz Z!

41. lpp.



Vēl viena funkcija
tavam telefonam

37. lpp.



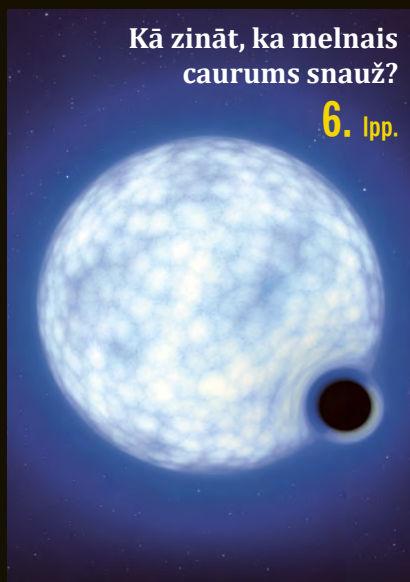
Kur kosmosā
meklējama sirds?

34. lpp.



Neizgaismots/
pārgaismots,
bet kopā labi!

30. lpp.



Kā zināt, ka melnais
caurums snauz?

6. lpp.

ZVAIŽŅOTĀ DEBESS
2022. GADA RUDENS (257)

Izdevējs:



LATVIJAS
UNIVERSITĀTE

Dibinātājs: Latvijas Zinātņu akadēmijas
Astrofizikas laboratorija (1958).

Zvaigžņotā Debess ir populārzinātnisks
izdevums par astronomiju.

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

Redakcijas kolēģija:

Galvenais redaktors
Dr. paed. Ilgonis Vilks,
galvenā redaktora vietnieks
Dr. sc. comp. Mārtiņš Gills,
Anna Gintere,
Dr. sc. ing. Jānis Kaminskis,
Mg. sc. comp. Raitis Misa,
PhD Artūrs 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 druka

Vietne un digitālais arhīvs:
www.lu.lv/zvd

Uz 1. vāka: Vienā no pirmajiem Veba
kosmiskā teleskopa attēliem redzams
miglāja un zvaigžņu kopas NGC 3324
fragments Kuģa Kīļa zvaigznājā, kas
atrodas aptuveni 7600 gaismas
gadu attālumā. Tas ir jaunu zvaigžņu
veidošanās apgabals, kas uzņemts ar
ļoti augstu izšķirtspēju. NASA/ESA/CSA/
STScI

Uz 4. vāka: Vienā no pirmajiem Veba
kosmiskā teleskopa attēliem parādīta
četru mijiedarbībā esošu galaktiku
grupa, kas atrodas aptuveni 290 miljonu
gaismas gadu attālumā. Faktiski attēlā
redzamas piecas galaktikas, tas ir t. s.
Stefana kvintets, bet galaktika pa kreisi
atrodas krietni tuvāk nekā pārējās.
NASA/ESA/CSA/STScI

SATURS

AKTUĀLI

Jaunami īsumā. *Ilgonis Vilks* 2

VISUMA IZPĒTE

Snaudošs melnais caurums ārpus mūsu Galaktikas
Mārtiņš Gills 6

Gravitācijas viļņi. Jauns logs uz Visumu. *Ilgonis Vilks* 8

TELESKOPI

Džeimsa Veba kosmiskā teleskopa pirmie attēli
Raitis Misa 18

SAULES SISTĒMA

Curiosity 10 gadi uz Marsa. *Anna Gintere* 22

OLIMPISKAIS IZAICINĀJUMS

Galaktiku izpēte. *Sagatavojis Māris Krastiņš* 29

AMATIERU ASTRONOMIJA

HDR paplašina iespējas. *Ilgonis Vilks* 30

FOTOSTĀSTS

Ieskatāmies Sirdī. *Sergejs Klimanskis* 34

MOBILĀ LIETOTNE

Kad jānosaka īstais leņķis. *Mārtiņš Gills* 37

ASTROVIETA

Virgo, Eiropas gravitācijas viļņu observatorija
Dainis Draviņš 38

INTERESANTI

Zvaigžņotā Debess atver lasītājiem digitālo arhīvu
Vents Zvaigzne 41

ATSKATS VĒSTURĒ

Satelītu fotogrāfiskie novērojumi Rīgā. *Ilgonis Vilks* 42

Jelgavas observatorija un Jelgavas astronomi
Aldis Barševskis 52

DEBESS APSKATS

Debess spīdekļi 2022. gada rudenī. *Juris Kauliņš* 60

Magnetārs mākslinieka skatījumā

Jaunumi īsumā

MAGNĒTISKĀ LAUKA REKORDS

Ledusskapja magnēta magnētiskā lauka stiprums (indukcija) ir 0,001 tesla. Jaudīgā magnētiskās rezonanses aparātā lauka stiprums ir 3 teslas. Fizikājiem uz brīdi ir izdevies iegūt 1200 teslu stipru magnētisko lauku. Taču šis sasniegums nobāl salīdzinājumā ar magnētiskajiem laukiem, kas valda magnetāros – specifiskās lēni rotējošās neitronu zvaigznēs. Iepriekšējā rekordista magnētiskā lauka

stiprums bija apmēram miljards teslu, tagad mūsu Galaktikā 22 000 gaismas gadu attālumā no Zemes atklāts jauns rekordists, magnetārs *Swift* J0243.6+6124, kurš ģenerē 1,6 miljardus teslu spēcīgu magnētisko lauku. Saskaņā ar teorētiskajiem priekšstatiem magnētisko lauku rada supravadošas elektrisko lādiņu plūsmas neitronu zvaigznes šķidrā iekšienē. Taču pat šo superspēcīgo magnētisko lauku

nav viegli atklāt milzīgā attāluma dēļ. Astronomi reģistrē rentgenstarojuma izkliedi uz elektroniem, kas pārvietojas magnetāra magnētiskajā laukā. Tas dod iespēju aprēķināt elektronu enerģiju un atbilstošo magnētiskā lauka stiprumu. Iepriekšējam rekordistam elektronu enerģija bija apmēram 100 kiloelektronvolti, *Swift* J0243.6+6124 tā ir 146 kiloelektronvolti. Šie pētījumi palīdz labāk saprast neitronu zvaigžņu uzbūvi. 🦉

50 GADUS VECS MĒNESS PARAUGS

Rēķinoties ar to, ka drīz no Mēness virsmas tiks vesti jauni ieži, NASA zinātnieki nolēma atvērt vienu no pēdējiem paraugiem, kas vēl glabājās laboratorijā.

20. gadsimta 70. gados *Apollo* ekspedīcijas atveda uz Zemi 2196 Mēness grunts paraugus. Paraugu Nr. 73001, kas ievākts 1972. gada decembrī vietā, kur nogāzē bija noticis iežu nobrukums, glabāja tik ilgi ar domu, ka varēs izmantot jaunas un precīzas analīzes metodes, kas attīstījušās pagājušajā laikā. Tā bija viena no divām caurulēm, kas tika hermētiski aizvācotas vēl uz Mēness, tātad tai jāsaturs arī gāzu pēdas. 2022. gada februārī zinātnieki uzmanīgi atvēra



NASA britpieejas attēls

Laboratorijā atver pirms 50 gadiem uz Mēness ievākto paraugu

cauruli, ievāca gāzes, sasmalcināja iežus un nodeva visu dažādām laboratorijām analīzei. Rezultātus uzzināsim vēlāk, kad tiks sagatavotas publikācijas. No *Apollo* atvestā palikuši vēl tikai trīs neatvērti Mēness

iežu paraugi. Vai zinātnieki gaidīs vēl 50 gadus, lai tos atvērtu? Nē. Ir plāns atliktos paraugus analizēt vienlaikus ar jauniem iežiem, kurus atvedīs *Artemis* Mēness ekspedīcijas pēc 2025. gada. 🦋

ASTEROĪDS GANDRĪZ APROK ZONDI

2020. gada oktobrī uz apmēram puskilometru lielā asteroīda 101955 Benu nolaidās NASA zonde OSIRIS-REx un paņēma asteroīda vielas paraugu, kas 2023. gada septembrī tiks nogādāts uz Zemes. 2022. gadā NASA zinātnieki paziņoja, ka parauga ņemšana norisinājusies visnotaļ dramatiski, jo zondes pieskaršanās asteroīda virsmai uzjundījusi šķembu mākonī. Bija plānots, ka OSIRIS-REx pieskarsies asteroīda virsmai un paliks tur piecas sekundes, vienlaikus izpūšot slāpekļa gāzi, kas paceltu putekļus un akmeņiņus



NASA simulācija

Asteroīda Benu šķembu mākonis gandrīz apraka zondi OSIRIS-REx

no virsmas, lai tie nonāktu paraugu savākšanas tvertnē. Tomēr zonde turpināja grimt asteroīdā – apmēram pusmetru uz leju, pirms iedarbināja dzinējus un sāka celties augšup. Zondi gandrīz viscaur klāja asteroīda materiāls, taču līdz ar šo negaidīto

notikumu pavērsienu zondei izdevās savākt vairāk paraugu. Astronomi gaidīja 60 gramu asteroīda materiāla, bet paraugu savākšanas tvertnē nonāca vairāk nekā 400 gramu. Dzinēju izpūstā gāze izsvaidīja uz visām pusēm apmēram sešas tonnas

asteroīda putekļu un akmeņu, izveidojot nelielu krāteri. Šis gadījums apstiprināja teorētiskos priekšstatus, ka nelielie asteroīdi mazā gravitācijas spēka dēļ tik vāji turas kopā, ka drīzāk atgādina plastmasas bumbuņu baseinus, kādos ar prieku lec iekšā bērni. ✎

KĀPĒC JUPITERAM NAV GREDZENA?

Kāpēc Jupiteram nav gredzena? Saturnam taču ir. Arī Urānam un Neptūnam ir gredzeni, kaut arī mazāki. Vispār jau gredzens Jupiteram ir, tikai plāns un grūti saskatāms. To 1979. gadā atklāja starpplanētu zonde *Voyager 1*. Jupitera ir lielāks par Saturnu, bet tad kāpēc Saules sistēmas lielākās planētas gredzens ir tik neizteiksmīgs? Šādu

jautājumu uzdeva Kalifornijas Universitātes Riversaidā zinātnieki, kas veica Jupitera gredzena evolūcijas skaitlisko simulāciju. Atbilde ir vienkārša. Pirmkārt, Jupiteram ir lieli pavadoņi tuvu planētai, Saturnam tāds ir tikai viens. Jupitera un Saturna gredzeni sastāv no ledus daļiņām. Lielie pavadoņi izmaiņa gredzena daļiņu orbītas un izsviež daļiņas no gredzena joslas vai arī daļiņas nokrīt uz pavadoņiem. Otrkārt,

planētas gredzens ir pārejoša parādība. Šobrīd Saturnam ir izteikta gredzenu josla, kas izveidojusies pirms 10–100 miljoniem gadu, sabrūkot kādam pavadonim. Gredzena daļiņas pakāpeniski krīt uz planētas, un zinātnieki lēš, ka pēc 300 miljoniem gadu Saturna gredzens izzudīs. Nav izslēgts, ka, neraugoties uz lielo pavadoņu klātbūtni, Jupiteram pagātnē ir bijis izteiksmīgāks gredzens vai arī tāds izveidosies nākotnē. ✎

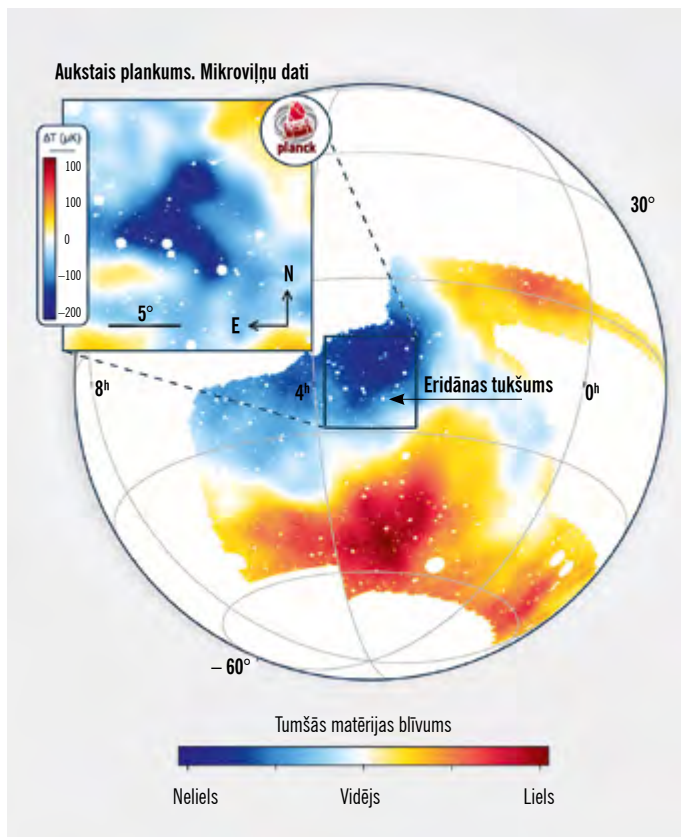


Stephen Kane/UCR

Kā izskatītos Jupitera, ja tam būtu liels gredzens?

INTRIGĒJOŠAIS TUKŠUMS ERIDĀNAS ZVAIGZNĀJĀ

Eridānas zvaigznāja virzienā atrodas divi interesanti objekti – liels tukšums starp galaktiku kopām (angliski – *super-void*) un “auksts” kosmiskā mikroviļņu fona plankums. Vai tie ir savstarpēji saistīti? Tumšās enerģijas novērojumu projekta (*Dark Energy Survey*) zinātnieki veica novērojumus ar četrus metrus Blanco teleskopu Andu kalnos Čīlē un izveidoja tumšās matērijas karti lielā daļā debess dienvidu puslodes. Visums sastāv no galaktiku kopām un superkopām, kas veido tādu kā kosmisko burbuļu tīklu. Burbuļu “sienās” galaktiku ir vairāk, burbuļu iekšienē – mazāk. Eridānas tukšums ir mums tuvākais lielais “kosmiskais burbuļlis”. Tā centrs atrodas 2 miljardu gaismas gadu attālumā, bet pats tukšums ir garena, tas stiepjas 1,8 miljardu gaismas gadu garumā. Burbuļa iekšienē ir par 30% mazāk matērijas nekā tā “apvalkā”. Jaunais pētījums apstiprināja Eridānas tukšuma pastāvēšanu. Iepriekš zinātnieki skaitīja galaktikas, tagad izmantoja gravitācijas lēcas efektu, lai konstatētu tumšās matērijas sadalījumu (skat. attēlu). Izrādījās, ka arī tumšās matērijas burbuļa iekšienē ir mazāk. Savukārt kosmiskā mikroviļņu fona kartēs šajā vietā pie debesīm ir netipiski liels “auksts” plankums, kurā mikroviļņu temperatūra ir nedaudz mazāka nekā apkārtnē. Ļoti iespējams, ka

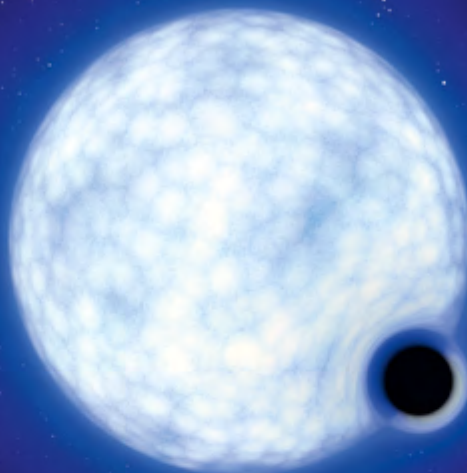


Tumšās matērijas blīvums Eridānas tukšumā un tā apkārtnē. Iespraudumā parādīta mikroviļņu temperatūra Eridānas tukšumā. Starp abiem fizikālajiem lielumiem ir laba atbilstība

Eridānas tukšums ir mikroviļņu fona pazeminātās temperatūras iemesls. Kosmiskā mikroviļņu fona temperatūras izmaiņas var radīt t. s. integrētais Zaksā-Volfa efekts. Visumam izplešoties, tukšumi kļūst izteiktāki. Kad mikroviļņu fona fotoni ielido tukšumā, tas vēl nav tik “dziļš” kā tad, kad fotoni izlido ārā no tā. Kad fotoni krīt gravitācijas potenciāla bedrē, tie iegūst enerģiju, bet, kad iziet no potenciāla bedres, zaudē enerģiju, turklāt šajā gadījumā zaudē vairāk

enerģijas, nekā ieguvuši. Mazāka kosmiskā mikroviļņu fona fotonu enerģija nozīmē to zemāku temperatūru. Kaut arī starp tumšās matērijas blīvumu un mikroviļņu temperatūru Eridānas tukšumā ir laba sakritība, pētnieki nav līdz galam pārliecināti, vai abas parādības ir saistītas. Mikroviļņu aukstā plankuma pastāvēšanai ir izvirzīti arī alternatīvi, ļoti eksotiski skaidrojumi. Piemēram, tā varētu būt vieta, kur mūsu visums plašajā Multivisumā ir saskāries ar citu visumu. 🦋

Dark Energy Survey team, Gergő Kráncz, András Kovács



Snaudošs melnais caurums ārpus mūsu Galaktikas

ESO/L. Calçada

Binārā sistēma VFTS 243 mākslinieka skatījumā. Zilā zvaigzne perspektīvas efekta dēļ pēc izmēriem izskatās samērā līdzīga melnajam caurumam, lai gan īstenībā ir 200 000 reīžu lielāka par to

EIROPAS DIENVIDU OBSERVATORIJAS (ESO) PAZIŅOJUMĀ PRESEI TEIKTS, KA STARPTAUTISKA EKSPERTU KOMANDA, KAS PAZĪSTAMA KĀ VAIRĀKU MELNO CAURUMU ATKLĀJUMU NORAIĎĪTĀJA, PATI IR ATRADUSI MELNO CAURUMU VFTS 243 LIELAJĀ MAGELĀNA MĀKONĪ.

“Pirmo reizi mūsu komanda sapulcējās, lai ziņotu par melnā cauruma atklāšanu, nevis kārtējo noraidījumu. Mēs atradām “adatu siena kau-dzē” šādi paziņoja pētījuma grupas vadītājs Tomers Šenārs (*Shenar*), Marijas

Kirī aspirants Amsterdamas Universitātē (Nīderlande). Lai gan pēdējo gadu laikā ir pieteikti citi līdzīgi melno caurumu kandidāti, komanda apgalvo, ka šis ir pirmais nepārprotamais “snaudošais” zvaigžņu masas melnais

caurums, kas atklāts ārpus mūsu Galaktikas.

Kad masīvas zvaigznes sasniedz savas dzīves beigas un kolapsē sava smaguma dēļ, izveidojas zvaigžņu masas melnie caurumi. Divu zvaigžņu jeb binārā sistēmā,

kurā viena zvaigzne riņķo ap otru, otra zvaigzne paliek redzama kā spožs pavadonis. Melno caurumu sauc par “snaudošu”, ja tas intensīvi neizstaro rentgena starojumu. Rentgena starojums ir tipiska pazīme, pēc kuras tiek atklāti šādi melnie caurumi. Pētnieku grupa pievērsa uzmanību tam, ka līdz šim ir zināms ļoti maz “snaudošu” melno caurumu, ņemot vērā to, cik daudz tādiem vajadzētu būt. Un pagaidām neviens tāds nebija konstatēts ārpus mūsu Galaktikas. Jaunatrastā melnā cauruma masa ir vismaz deviņas reizes lielāka nekā Saulei, un tas apriņķo karstu zilu zvaigzni, kas ir 25 reizes masīvāka par Sauli.

Snaudošie melnie caurumi ir īpaši grūti pamanāmi, jo tie minimāli mijiedarbojas ar apkārtējo vidi. “Jau vairāk nekā divus gadus mēs meklējam šādas melno

caurumu binārās sistēmas,” saka pētījuma līdzautore Jūlija Bodenšteinerē (*Bodensteiner*), ESO pētniece Vācijā. “Es biju ļoti iepriecināta, kad uzzināju par VFTS 243, kas, manuprāt, ir pārliecinošākais līdz šim uzrādītais kandidāts.”

Lai atrastu VFTS 243, komanda pārmeklēja gandrīz 1000 masīvu zvaigžņu Lielā Magelāna Mākoņa Tarantula miglāja apgabalā, meklējot tādas, kuru kompanjoni varētu būt melnie caurumi. Pārliecinoši noteikt, vai zvaigznei blakus tiešām ir melnais caurums, ir ārkārtīgi grūti, jo pastāv arī alternatīvi skaidrojumi. “Kā pētnieks, kurš pēdējos gados ir noraidījis daudz melno caurumu kandidātu, es biju ļoti skeptisks attiecībā uz šo atklājumu,” saka Šenārs. Atklājums sniedz komandai arī vērtīgu skatījumu uz procesiem, kas pavada melno caurumu veidošanos.

Astronomi tradicionāli uzskata, ka zvaigžņu masas melnais caurums veidojas no “mirstošas” masīvas zvaigznes kodola, bet joprojām nav skaidrs, vai to vienmēr pavada spēcīgs pārnovas sprādziens.

“Zvaigzne, kas izveidoja melno caurumu VFTS 243, šķiet, ir pilnībā kolapsējusi bez sprādziena pazīmēm,” skaidro Šenārs. Pēdējā laikā ir parādījušies vairāki gadījumi, kas liecina par “tiešā kolapsa” scenāriju, un VFTS 243 atklājums ir viens no uzskatāmiem apliecinājumiem. Turpmāki pētījumi un līdzīgi atklājumi ļaus arī labāk saprast, kā melnie caurumi saplūst.”

Melno caurumu VFTS 243 atrada, izmantojot sešus gadus ilgu Tarantula miglāja novērojumus, ko veica ar ļoti lielā teleskopa (VLT) spektrogrāfu FLAMES (*Fibre Large Array Multi Element Spectrograph*). 🌌

Tarantula miglājs, kurā tika atrasta binārā sistēma VFTS 243



Gravitācijas viļņi. Jauns logs uz Visumu

KO ZINĀTNIEKI JAU IR IEGUVUŠI UN KO CER SAGAIĀT NO JAUNĀS
ASTROFIZIKAS NOZARES – GRAVITĀCIJAS VIĻŅU ASTRONOMIJAS?

Astronomija tradicionāli ir balstījusies uz elektromagnētisko starojumu. Tehnoloģijai attīstoties, 20. gadsimtā kļuva iespējams novērot ne tikai gaismu, bet arī citas elektromagnētiskā spektra daļas, no radioviļņiem līdz pat gamma starojumam. Katra jauna frekvenču josla deva jaunu skatījumu uz Visumu un sniedza jaunus atklājumus, kurus citādi nebūtu iespējams izdarīt. Otrs “logs uz

Visumu” ir mikrodaļiņas – astrofiziķi reģistrē kosmiskos starus, mēra neitrīno plūsmu no Saules un zvaigznēm. Neitrīno novērojumi sniedza ieskatu iepriekš nepieejamās parādībās, piemēram, Saules iekšējā darbībā.

Gravitācijas viļņu atklāšana 2015. gada 14. septembrī pavēra jaunu logu uz Visumu. Šajā gadījumā informācijas nesējs ir pašas laiktelpas svārstības. Par gravitācijas viļņu atklāšanu un reģistrācijas metodēm

rakstīts *Zvaigžnotās Debess* 2016. gada vasaras numurā, par Eiropas gravitācijas viļņu observatoriju *Virgo* – šajā žurnāla numurā. Gravitācijas viļņu novērošana ir papildu līdzeklis astrofizikālo novērojumu veikšanā. Apvienojot viena notikuma novērojumus, kas veikti, izmantojot dažādus informācijas nesējus, ir iespējams iegūt pilnīgāku izpratni par objekta īpašībām. To sauc par daudzvēstnešu astronomiju (*multi-messenger astronomy*).



LIGO/T. Pyle

PIRMIE PANĀKUMI

Astronomi cer, ka gravitācijas viļņu astronomija apvienojumā ar tradicionālajām astrofizikas nozarēm sniegs daudzus pārsteidzošus atklājumus. Tas jau uzskatāmi parādījās 2017. gada 17. augustā, kad tika novērota divu neitronu zvaigžņu saplūšana. Pirmais notikumu pamanīja un izziņoja Fermi kosmiskais teleskops, kas reģistrēja gamma starojuma uzliesmojumu. Divas sekundes iepriekš bija nostrādājuši LIGO observatorijas gravitācijas viļņu detektori. Notikuma pēc efektus astronomi novēroja mēnešiem ilgi visā pasaulē un visdažādākajos elektromagnētisko viļņu diapazonos. Sapņi sniedzas arī

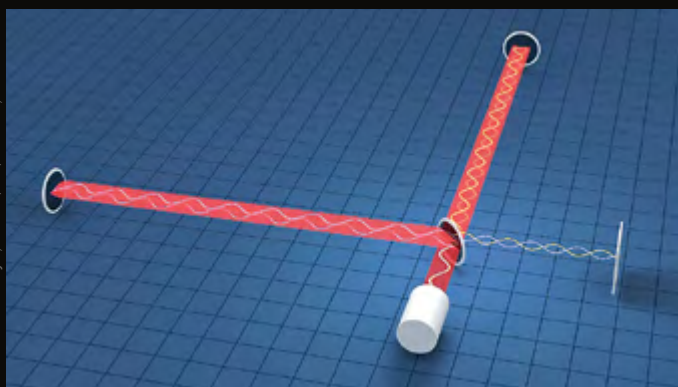
daudz tālāk, cerot, ka gravitācijas viļņi palīdzēs tumšās matērijas un citu eksotisku Visuma fenomenu izpratnē.

Līdz 2020. gada martam, kad LIGO observatorijā pārtrauca novērojumus kovida dēļ, gravitācijas viļņi novēroti 90 reizes. Tos radīja lielākoties divu melno caurumu saplūšana, divos gadījumos novērota divu neitronu zvaigžņu saplūšana, vēl divos gadījumos melnais caurums apvienojās ar neitronu zvaigzni. Vairākas gravitācijas viļņu observatorijas plāno atsākt kopīgus novērojumus 2023. gada sākumā. Piespiedu pauze tika izmantota aparatūras uzlabošanai.

Gravitācijas viļņi vāji mijiedarbojas ar vielu, tāpēc gravitācijas viļņu detektoram jābūt tik jutīgam, lai spētu izmērīt savu sastāvdaļu (spoguļu) pārvietošanos par attālumu, kas ir daudzkārt mazāks par atoma izmēriem. Bet tas arī nozīmē, ka gravitācijas viļņi var brīvi ceļot pa Visumu un netiek absorbēti vai izkliedēti kā elektromagnētiskais starojums. Ne velti tos reģistrē pat no miljardiem gaismas gadu liela attāluma. Sagaida arī, ka ar gravitācijas viļņu palīdzību būs iespējams ieskatīties blīvu debess ķermeņu iekšienē, piemēram, pārnovu kodolos vai galaktiku centros. Vēl būs iespējams ieskatīties tālākā pagātnē, nekā izmantojot elektromagnētisko starojumu, jo agrīnais Visums pirms rekombinācijas bija gaismai necauredzams, bet gravitācijas viļņiem tas bija caurspīdīgs.

GRAVITĀCIJAS VIĻŅU OBSERVATORIJAS

LIGO ir lāzera interferometra gravitācijas viļņu observatorija (*Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory*). LIGO ir divi detektori. Viens atrodas Livingstonā, Luiziānā, otrs – Henfordā, Vašingtonas štatā. 3000 kilometru lielais attālums starp tiem vajadzīgs, lai pēc signāla nokavēšanās spriestu par virzienu, no kura pienācis gravitācijas viļņu signāls. Katram detektoram ir četrus kilometrus gari zari, kas novietoti taisnā leņķī viens pret otru. Gravitācijas vilnis, kas iziet cauri detektoram, nedaudz saīsina vienu zaru un pagarina otru. Garuma izmaiņas konstatē ar lāzera gaismas stariem, kas pārvietojas pa zaros ievietotajām caurulēm, kurās ir vakuums. Cauruļu galos ir spoģuļi, cauruļu krustpunktā – detektors, kurā notiek gaismas staru interference. Normālā stāvoklī gaismas viļņi ir pretējās fāzēs, un signāla nav. Ja pienāk gravitācijas vilnis, zaru garums vienam attiecībā pret otru izmainās, parādās nobīde fāzē starp abiem gaismas viļņiem, un rodas gaismas signāls, kuru reģistrē. Pirmie gravitācijas viļņi LIGO observatorijā detektēti 2015. gada septembrī. Tāpat darbojas arī citas lāzera interferometra gravitācijas viļņu observatorijas. Eiropas interferometram *Virgo*, kas atrodas pie Pizas Itālijā un strādā kopš 2007. gada, ir trīs kilometrus gari zari. Japāņu interferometrs *KAGRA*, kas pilnībā atrodas pazemē, darbu sāka 2020. gada februārī. Arī tam ir trīs kilometrus gari zari. Visjutīgākais detektors ir LIGO, seko *Virgo* un *KAGRA*. Paredzēts, ka 2023. gada martā šīs gravitācijas viļņu observatorijas sāks kopīgus novērojumus. Tas palīdzēs vieglāk atsiņāt seisriskās un citas lokālas izcelsmes svārstības un precīzāk noteikt



Optiskā interferometra darbības princips

virzienu uz gravitācijas viļņu avotu. LIGO un *Virgo* spēja norādīt tikai aptuvenu laukumu pie debess, kas bija vairākus simtus loka kvadrātgrādu liels, aptuveni tik liels kā Liras zvaigznājs. Iesaistoties KAGRA, pārmeklējamais laukums samazinās līdz dažiem desmitiem loka kvadrātgrādu. Šie ir otrās paaudzes gravitācijas viļņu detektori. Eiropas

zinātnieki cer, ka nākotnē taps trešās paaudzes detektors – Einšteina teleskops, kuram būs trijstūra forma un zaru garums – 10 kilometri. Tas atradīsies pazemē. Topošajam Eiropas kosmosa aģentūras kosmiskajam gravitācijas viļņu teleskopam LISA trijstūra zaru garums būs fantastisks – 2,5 miljoni (!) kilometru. 🚀



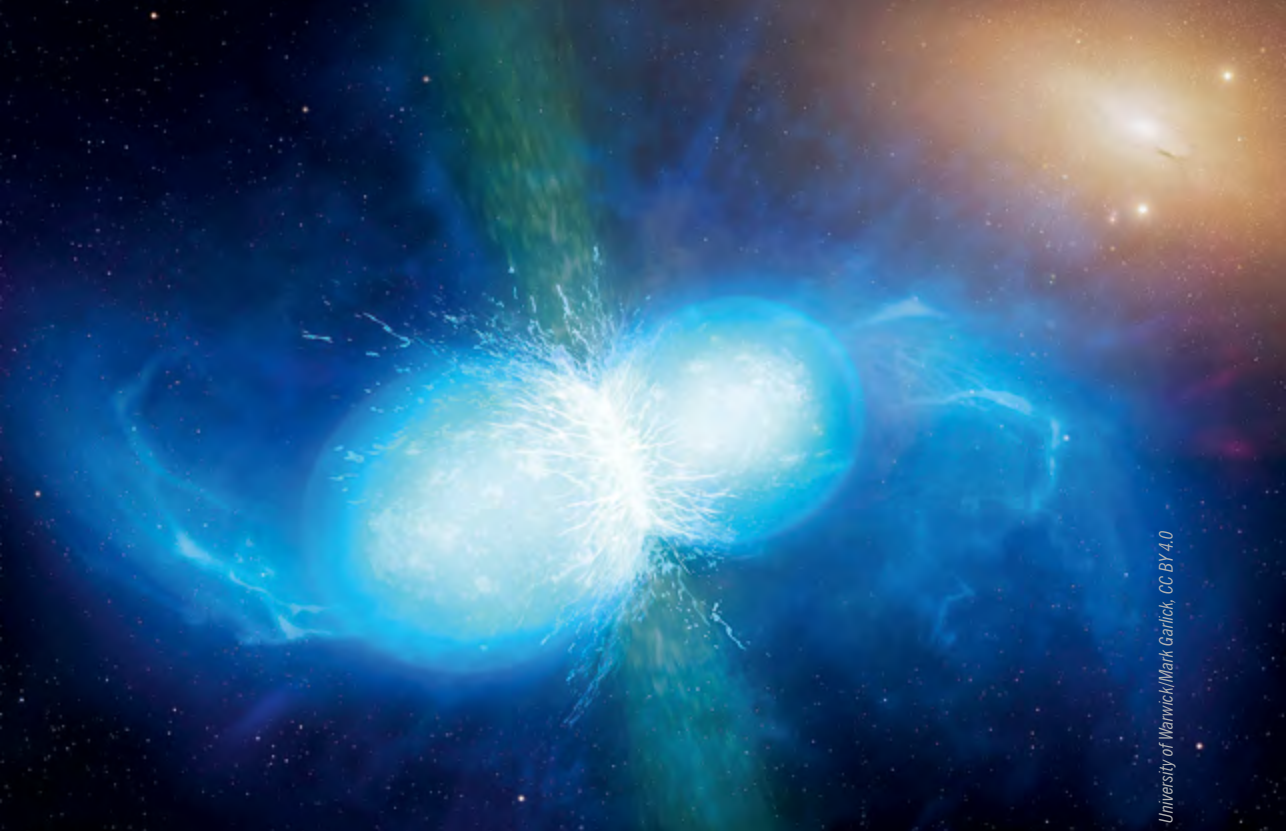
Japānas gravitācijas viļņu observatorija KAGRA

SAPLŪSTOŠI MASĪVI OBJEKTI

Gravitācijas viļņus var izstarot daudzi debess ķermeņi, taču, lai radītu detektējamu signālu, tiem jābūt ārkārtīgi masīviem objektiem, kas pārvietojas ar ievērojamu gaismas ātruma daļu, turklāt ar paātrinājumu. Šādi ķermeņi ir jau minētie saplūstošie masīvie objekti – divi melnie caurumi, melnais caurums un neitronu zvaigzne vai divas neitronu zvaigznes. Kad tie riņķo viens ap otru, tie izstaro gravitācijas viļņus, rotējošā sistēma zaudē enerģiju un abi objekti tuvojas. Gravitācijas viļņi kļūst intensīvāki, rotācija arvien straujāka, līdz abi objekti saskaras un īsā laika sprīdī saplūst vienā. Tieši šo “pēdējo kliedzienu” arī reģistrē optiskie interferometri gravitācijas viļņu observatorijās.

Ja, diviem objektiem saplūstot, izveidojas melnais caurums, kā tas bijis gandrīz visos novērotajos 90 gadījumos, tas neko vairs neizstaro un zinātnieki nevar novērot pēcefektus. Vienā gadījumā, kas jau minēts – 2017. gadā, no divām neitronu zvaigznēm izveidojās viena lielāka neitronu zvaigzne un astronomi novēroja t. s. kilonovas sprādzieni. Vienpadsmit stundas pēc gravitācijas viļņu signāla galaktikā NGC 4993 tika atrasts dziestošs starojuma avots, ko apzīmēja AT 2017gfo.

Nākamajās dienās un nedēļās notika intensīva novērošanas kampaņa, sākot ar radioviļņiem un beidzot ar rentgena starojumu, kas pierādīja, ka AT 2017gfo ir ar



University of Warwick/Mark Garlick, CC BY 4.0

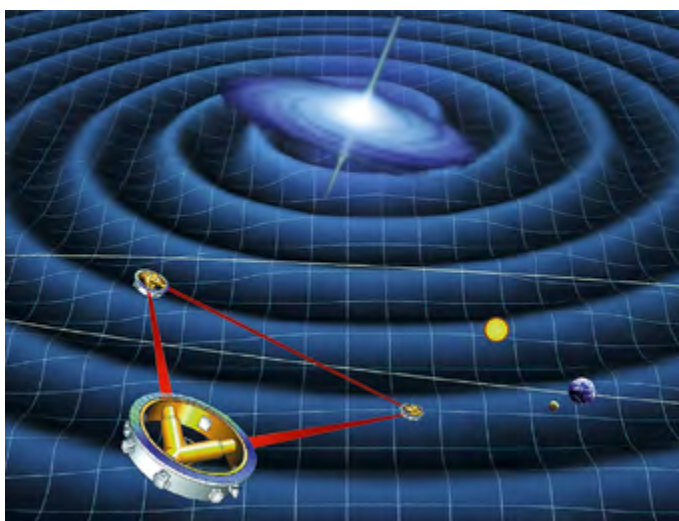
Divu neitronu zvaigžņu saplūšana mākslinieka skatījumā

neitroniem bagātīga materiāla mākonis, kas ātri kustas un ātri atdziest. Optisko pēcspīdēšanu radīja smago atomu kodolu radioaktīvā sabrukšana. Aprēķini rāda, ka kilonovas Visumā veido pusi visu ķīmisko elementu, kas smagāki par dzelzi. Domā, ka konkrētajā saplūšanā radās smagie elementi, kuru masa ir 16 000 Zemes masu, no tiem 10 Zemes masas zelta un platīna. Lēš, ka uzlabotā LIGO observatorija varēs novērot ap 40 šādu notikumu gadā.

Ar turpmākajiem liela izmēra optiskajiem interferometriem, kas tiks novietoti kosmosā, piemēram, Eiropas Kosmosa aģentūras kosmisko teleskopu LISA (*Laser Interferometer Space*

Antenna), kura starts plānots ap 2037. gadu, būs iespējams novērot arī mazākas masas objektus, piemēram,

divu balto punduru sistēmu, vai arī objektus lielākā attālumā, kaut vai tās pašas divas neitronu zvaigznes



NASA ģimnēzijas attēls

Eiropas kosmiskā interferometra LISA projekts

pirms saplūšanas. Varēs novērot nesimetriskus pārnovu sprādzienus, piemēram, hipernovas. Asimetrija vajadzīga, jo simetriska sprādziena vai simetriskas ķermeņa formas gadījumā gravitācijas viļņi neveidojas. Tas nozīmē, ka būs iespējams novērot arī rotējošas neitronu zvaigznes, ja vien uz tām ir uzkalni, kaut vai 10 centimetrus augsti. Neitronu zvaigzne izstaros gravitācijas viļņus, līdz pakalni nolīdzināsies.

ZIŅAS PAR MELNAJEM CAURUMIEM

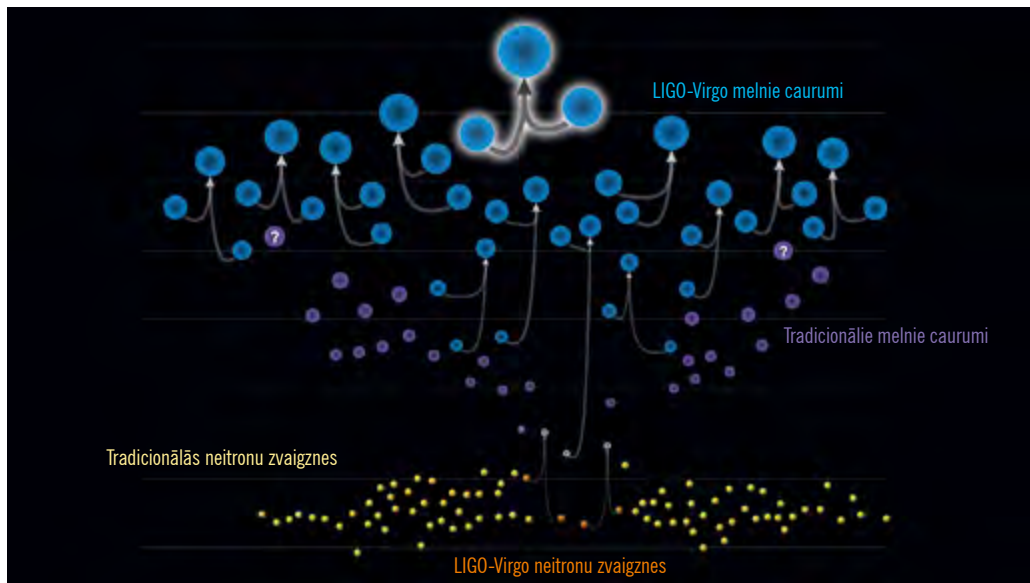
Līdz šim atklāti lielākoties no zvaigznēm veidojušies melno caurumu pāri, kuru komponentu masa ir daži desmiti Saules masu. Turklāt tika noskaidrots, ka apmēram puse pāru jau sākmā veidojuši vienu zvaigžņu

dubultsistēmu – to rotācijas asis bija vērstas apmēram vienā virzienā. Otra puse ir “satikušies” vēlāk un sākuši riņķot cits ap citu, to rotācijas asis bija vērstas dažādi.

Gravitācijas viļņu novērojumi parāda arī, kādās masas robežās mēdz būt melnie caurumi, lielākoties tās ir 5–50 Saules masas. Vieglākais melnais caurums (varbūt tomēr neitronu zvaigzne?) “svēra” 2,6 Saules masas, smagākais – 85 Saules masas. Dati, kas iegūti, izmantojot elektromagnētisko starojumu un gravitācijas viļņu novērojumus, atšķiras. Attiecībā uz melno caurumu masām pastāv “intrigējoša spriedze”. Proti, ar gravitācijas viļņu palīdzību konstatēti tikai daži nelielas masas melnie caurumi. Bet melnajiem caurumiem ar masu virs 2,5 Saules

masām vajadzētu būt vairāk. Melno caurumu ar masu virs 50 Saules masām sa-gaidāms nedaudz, jo tik lielas zvaigznes visbiežāk uzsprāgst kā pāru nestabilitātes pārnovas, kas sprādzienā iz-zūd pilnībā, neatstājot ko-dolu. Tiesa, šādas pārnovas vēl nav droši konstatētas.

2019. gadā tika reģistrēts gravitācijas vilnis, ko radīja melnie caurumi ar 85 un 65 Saules masām. “Galaprodukta” masa bija 142 Saules masas. Kur palika pārējās astoņas Saules masas? Tika izstarotas gravitācijas viļņu veidā. Ja melnais caurums “sver” no 100 līdz 100 000 Saules masu, to sauc par vidējas masas melno caurumu. Tādi pagaidām nav pārliecinoši konstatēti ar tradicionāliem astrofizikāliem paņēmieniem.



Neitronu zvaigžņu un melno caurumu masas sadalījums. “Tradicionālie” objekti ir tie, kas novēroti, izmantojot elektromagnētisko starojumu

LIGO-Virgo/Northwestern University/Frank Elavsky & Aaron Geller

Iespējams, ka sekundes daļas pēc Lielā Sprādziena gravitācijas spēka iedarbībā kolapsēja telpas apgabalī ar palielinātu blīvumu un radās sākotnējie melnie caurumi, kuru masa mūsdienās var būt robežās no 10^{11} kilogramiem (kā nelielam asteroidam) līdz apmēram tūkstošiem Saules masu. Plašākas ziņas par melno caurumu masu sadalījumu palīdzēs saprast, vai daļa no tiem ir sākotnējie melnie caurumi. Ja izdotos atklāt melno caurumu ar masu, kas mazāka apmēram par divām Saules masām, tas gandrīz droši būtu sākotnējais melnais caurums, jo tik mazi melnie caurumi zvaigžņu evolūcijas gaitā neveidojas. Atliek tikai saprast, kā atšķirt mazu melno caurumu no tikpat lielas masas neitronu zvaigznes.

SUPERMASĪVI MELNIE CAURUMI

Gravitācijas viļņus var radīt arī supermasīvi melnie caurumi galaktiku centros. Uzskata, ka, saplūstot galaktikām, saplūst arī to melnie caurumi. Potenciāli tie ir "skaļākie" gravitācijas viļņu avoti. Ja melno caurumu masa ir lielāka par miljonu Saules masu, tos spētu reģistrēt radioteleskopi – pulsāru laika signālu uztvērēji; ja mazāka – vajadzīgs LISA tipa kosmiskais interferometrs. Galaktiku saplūšana ir reta, bet galaktiku novērojamajā Visumā ir triljoniem, tāpēc supermasīvu melno caurumu saplūšanai jānotiek pietiekami bieži. Sagaidāms, ka

PULSĀRU LAIKA SIGNĀLU TĪKLI

Radioteleskops uztver pulsāru ritmiskos radiosignālus kā tādus pulksteņa tikškus. Gravitācijas viļņi ietekmē laika sprīdi, kas nepieciešams impulsiem, lai nonāktu no pulsāra līdz teleskopam uz Zemes. Pulsāru laika signālu tīkls salīdzina impulsu pienākšanas laiku no vairākiem milisekunžu pulsāriem, lai atrastu gravitācijas viļņu radītās novirzes jeb izmaiņas "pulksteņa tikškos", kas ir daudz mazākas par sekundes miljondaļu. Pasaulē darbojas četri pulsāru laika signālu tīkli. Ziemeļamerikas Nanohercu gravitācijas viļņu observatorija izmanto Aresibo radioteleskopa (izmantoja, jo 2020. gadā radioteleskops sabruka) un Grīnbenkas radioteleskopa iegūtos datus. Austrālijas Pārksas pulsāru laika tīkls liek lietā Pārksas radioteleskopu. Eiropas Pulsāru laika tīkls izmanto datus no četriem lielākajiem Eiropas radioteleskopiem. Novērojumi notiek jau pāris gadu desmitus, bet rezultātu vēl arvien nav.

Šīs grupas sadarbojas starptautiskā projektā *International Pulsar Timing Array*. Otrajā datu kopā (*Data Release 2*), kas publicēta 2019. gadā un apkopo 65 milisekunžu pulsāru novērojumus, atrastas gravitācijas viļņu fona pazīmes, tomēr zinātnieki vēl nav pilnīgi droši. Starptautiskajam tīklam nesen pievienojās Indijas Pulsāru laika signālu tīkls. Astronomi cer, ka Indijas radioteleskopu datu pievienošana un no jauna veiktie novērojumi jau pāris gadu laikā dos skaidru gravitācijas viļņu fona signālu. (Skat. arī Jura Freimaņa rakstu *Zvaigžņotās Debess* 2021. gada pavasara numurā.) Ar milisekunžu pulsāru laika signālu reģistrēšanu sācis nodarboties arī Fermi kosmiskais teleskops, jo šie pulsāri izstaro ne tikai radioviļņus, bet arī gamma starojumu. Astronomi veikuši desmit novērojumu gadu datu analīzi un uzskata, ka vajadzīgi vēl apmēram pieci gadi novērojumu, līdz teleskops spēs reģistrēt gravitācijas viļņu fonu. Tas būs labs atbalsts novērojumiem radioviļņos un arī neatkarīgs informācijas avots. 📡



Tonia Klein/NANOGrav

Gravitācijas viļņi ietekmē pulsāru signālu izplatīšanos





LIGO/Caltech/MIT/R. Hurt/PPAC

Supermasīvu melno caurumu saplūšana mākslinieka skatījumā

šajos notikumos radītie gravitācijas viļņi veido tādu kā fona troksni, kurā pārklājas daudzu melno caurumu saplūšanas radītie signāli.

Saplūstot diviem supermasīviem melnajiem caurumiem, gravitācijas viļņi var piešķirt objektam kustību noteiktā virzienā ar ātrumu līdz pat 4000 kilometriem sekundē. Tas ir pietiekami ātri, lai pilnībā izsviestu melno caurumu no galaktikas. No galaktikas “izsistais” melnais caurums var vilkt sev līdzīgu zvaigznes vai gāzi, kas krīt melnajā caurumā. Tad objekts uz laiku izskatīsies kā kvazārs bez galaktikas. Tiek uzskatīts, ka kvazārs SDSS J092712.65+294344.0 satur

šādu supermasīvu melno caurumu.

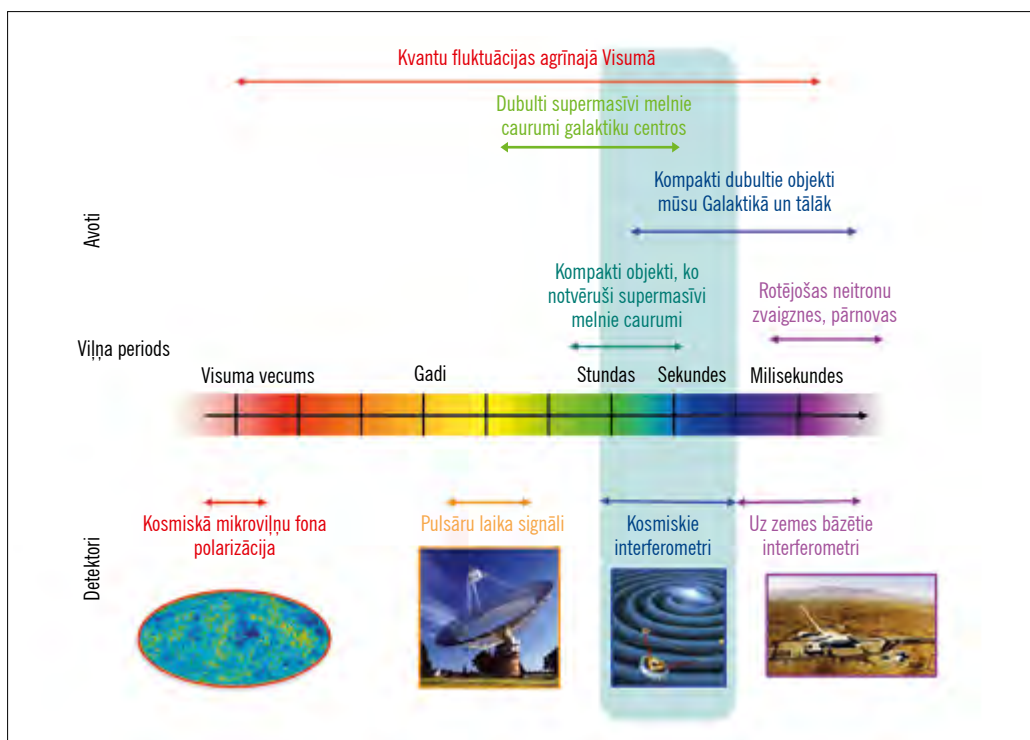
Ja ap supermasīvu melno caurumu ļoti tuvu un izteikti izstieptā orbītā riņķo zvaigzne, sava perihēlija (periastrija) tuvumā tā radīs gravitācijas viļņu uzplaisnījumu. Tā kā zvaigzne pa spirāli tuvojas melnajam caurumam, varēs novērot gravitācijas viļņu atkārtošanos, zvaigznei katrreiz nonākot arvien tuvāk centrālajam objektam. Tas padarītu šādas zvaigznes par izcilām laiktelpas ģeometrijas zondēm, kas ļautu veikt ļoti precīzus vispārīgās relativitātes teorijas testus.

Supermasīvo melno caurumu gravitācijas viļņu fons ietekmē ne tikai

elektromagnētisko signālu izplatīšanas laiku, kā gadījumā ar pulsāriem, bet arī nedaudz nobīda debess ķermeņu attēlus, līdzīgi kā to dara gravitācijas lēca. Kosmiskais teleskops GAIA ar ļoti augstu precizitāti ir noteicis koordinātas un to izmaiņas miljardam mūsu Galaktikas zvaigžņu. Sākotnējā modelēšana rāda, ka datu precizitāte ir tāda, ka rūpīgā analizē varētu konstatēt gravitācijas viļņu fonu. Tas ir nākotnes darbs astronomiem.

EKSOTISKS GRAVITĀCIJAS VIĻŅU PIELIETOJUMS

Pastāv hipotēze, ka neitronu zvaigznēs apstākļi ir tik ekstrēmi, ka neitroni “izšķīst” un atbrīvo tos veidojošos



NASA britpieejas attēls

Gravitācijas viļņu spektrs

augšējos un apakšējos kvarkus. Temperatūra un spiediens saspiež kvarkus kopā tādā mērā, ka tie veido hipotētisku vielas fāzi, kas pazīstama kā kvarku matērija. Ja tas notiek, neitronu zvaigzne kļūst par "kvarku zvaigzni". Ja spiediens ir vēl lielāks, kvarki var pārveidoties par dīvainajiem kvarkiem, kas pēc tam mijiedarbojas ar citiem kvarkiem, veidojot t. s. dīvaino vielu. Tādā gadījumā kvarku zvaigzne kļūst par "dīvaino zvaigzni".

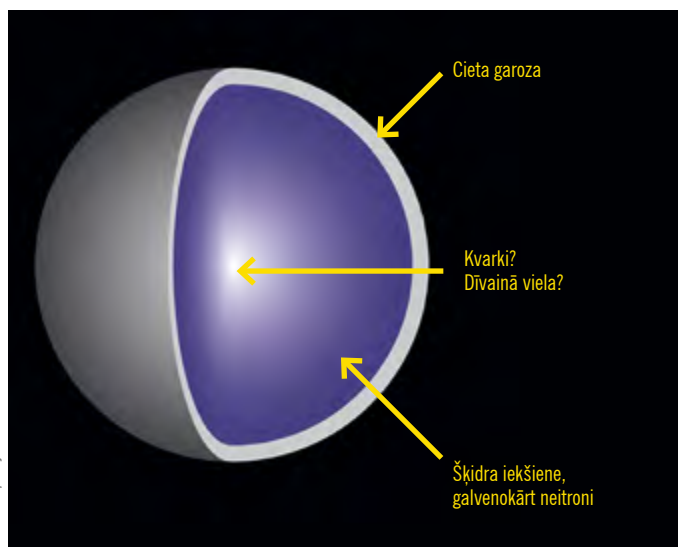
Katram no šiem vielas stāvokļiem ir savs raksturīgais blīvums un tipiskie zvaigznes izmēri pie noteiktas masas. Nākotnes gravitācijas viļņu detektori, tādi kā

Einšteina teleskops, ļaus noteikt neitronu zvaigžņu izmērus ar 100 metru precizitāti un līdz ar to spriest par to iekšējo uzbūvi. Pagaidām no divu neitronu zvaigžņu saplūšanas 2017. gadā izdevies secināt tikai to, ka neitronu zvaigžņu rādiuss ir mazāks par 15 kilometriem, kas labi atbilst citiem novērtējumiem.

Saskaņā ar dažiem Visuma modeļiem neilgu brīdi pēc Lielā Sprādziena norisinājās inflācijas ēra, kad telpa ļoti īsā laikā strauji paplašinājās. Atkarībā no izplešanās apstākļiem varēja tikt izstaroti gravitācijas viļņi, kas mūsdienās veidotu gravitācijas viļņu fonu. Šis fona signāls ir pārāk vājš, lai to novērotu

pašlaik strādājošie gravitācijas viļņu detektori, un var paiet gadu desmiti, kamēr izdosies to novērot. Sākotnējiem gravitācijas viļņiem vajadzēja arī atstāt pēdas kosmiskā mikroviļņu fona starojuma polarizācijā. 2014. gadā tika paziņots, ka atbilstošas pēdas atradis BICEP2 instruments Antarktīdā, bet nākamajā gadā pētnieki paziņojumu atsauca, jo polarizācijas īpatnības izskaidroja ar putekļiem Piena Ceļa galaktikā.

Arī kosmiskās stūgas, ja tādās pastāv, var radīt gravitācijas viļņus. Kosmiskās stūgas ir hipotētiski viendimensijas topoloģiski defekti, kas varēja izveidoties, zūdot simetrijai fāžu pārejas laikā



Neitronu zvaigznes iespējamā uzbūve

agrīnajā Visumā uzreiz pēc inflācijas ēras. Kosmiskās stīgas ir kaut kādā mērā līdzīgas defektiem, kas veidojas starp kristālu graudiem sacietējošā šķidrumā, vai plaisām, kas veidojas, ūdenim sasaldot ledū. Teorētiskie priekšstati rāda, ka kosmisko stīgu cilpas sabrūk, izstarojot gravitācijas viļņus. Šādu viļņu atklāšana apstiprinātu kosmisko stīgu eksistenci.

TUMŠĀS MATĒRIJAS MEKLĒJUMI

Zinātnieki domā, ka gravitācijas viļņi varētu palīdzēt atrast arī tumšo matēriju. Ja to veido ultravieglas daļiņas, piemēram, noteikta veida bozoni, kas ļoti vāji mijiedarbojas ar parasto vielu, melnie caurumi ar savu lielo gravitācijas spēku varētu ap sevi koncentrēt riņķojošus bozonu mākoņus, kas izstaro noteiktas frekvences (21–610 Hz) gravitācijas

viļņus. Analizējot līdzšinējos LIGO datus, bozonu signāls netika atrasts. Meklējumi tiks turpināti, kad vienkopus sāks darboties LIGO, Virgo un KAGRA observatorijas.

Vēl viens tumšās matērijas kandidāts ir hipotētiska daļiņa – aksions, un tā atklāšanai nemaz nevajag gravitācijas viļņus. Aprēķini rāda, ka aksioni nedaudz izmaina gaismas polarizāciju. Šis efekts kļūst stiprāks, ja gaisma daudzkārt atstarojas no spoguļiem, kā tas notiek gravitācijas viļņu observatoriju jutīgajos optiskajos interferometros. Lai konstatētu šo efektu, zinātnieki piedāvā nedaudz modificēt interferometru aparātūru, kas netraucēs to pamata funkciju – gravitācijas viļņu detektēšanu. Idejas pārbaude vēl ir priekšā.

Varbūt tumšā matērija ir nevis daļiņas, bet skalārs lauks, līdzīgs Higgs laukam,

kas caurauž Visumu un – Higgs lauka gadījumā – piešķir daļiņām masu? Skalārs lauks neredzamie viļņi “skalotos” ap galaktikām, ietu arī cauri Zemei un tāpat kā gravitācijas viļņi liktu optiskā interferometra spoģuļiem nedaudz sakustēties. Ideja tika pārbaudīta ar nelielu gravitācijas viļņu detektoru GEO600 Vācijā, bet skalārais lauks netika atrasts. Tas lika pētniekiem precizēt teorētiskos priekšstatus par šo tumšās matērijas formu, bet cerību kādreiz to ieraudzīt viņi nav atmetuši.

STANDARTA SIRĒNAS

Gravitācijas viļņus var izmantot pat kosmisko objektu attāluma noteikšanā. Astronomijā ir zināmas “standarta sveces” – la tipa pārnovu uzliesmojumi, kuros tiek izstarota apmēram vienāda enerģija, tāpēc tās var ērti izmantot attāluma noteikšanā, izmērot pārnovu redzamo spoģumu. Gravitācijas viļņu gadījumā ir zināms, cik liela saplūstošo objektu masa pārvēršas viļņu enerģijā, gravitācijas viļņu avots ir kā tāda “standarta sirēna”. Ja precīzi nosaka gravitācijas viļņu intensitāti uz Zemes jeb “redzamo spoģumu”, var neatkarīgā veidā noteikt objekta attālumu. Ar šo paņēmienu var noteikt arī Habla konstanti. No LIGO pirmās un otrās novērojumu sesijas datiem iegūta vērtība $69 + 16 - 8 \text{ km}/(s \times \text{Mpc})$, kas nav pretrunā ar citu metožu rezultātiem. Pagaidām Habla konstantes

noteikšanas precizitāte ir neliela, bet cer, ka to izdosies uzlabot līdz vienam procentam. Kosmiskais detektors LISA varētu pat pētīt Habla konstantes izmaiņas dažādos Visuma attīstības posmos.

Kad 2017. gadā saplūda divas neitronu zvaigznes, gravitācijas viļņu stipruma mērījums norādīja arī uz to, ka nepastāv makroizmēra papildu dimensijas, kādas tiek ieviestas dažās gravitācijas teorijās. Ja šādas papildu dimensijas būtu, daļa gravitācijas viļņu enerģijas aizplūstu tajās. Tiesa, tas neizslēdz saritinātu mikroizmēra dimensiju pastāvēšanu, kādas paredz stīgu teorija. Gravitācijas



Fermilab

Gravitācijas viļņu avots var kalpot kā “standarta sirēna” attāluma noteikšanā

vilnim pārvietojoties cauri saritinātām papildu dimensijām, vajadzētu novērot netipiskas objekta formas izmaiņas, tādu kā “elpošanu”, kā arī rastos augstas

frekvences gravitācijas viļņi. Tas vēl jāpārbauda.

Kā redzams, gravitācijas viļņu astronomija ir tikai pašā ceļa sākumā, bet ceļš solās būt ļoti interesants. 🦋

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.

Godātais lasītāj!

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

2022. gada rudens numuram veltītais pasākums
Atveram Zvaigžņoto Debess notiek

22. septembrī plkst. 17.00.

Lai pieslēgtos, tīmekļa pārlūkā izmanto saiti:
meet.google.com/kos-kbrq-gwj

Nenokavē!

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

Džeimsa Veba kosmiskā teleskopa pirmie attēli

VĒL NESEN AR AIZTURĒTU ELPU SEKOJĀM VEBJA TELESKOPA
STARTAM UN CEĻAM UZ SAULES-ZEMES OTRO LAGRANŽA PUNKTU.
NU VISI SAGATAVOŠANAS DARBI IR SEKMĪGI AIZRITĒJUŠI UN SAŅĒMTI
PIRMIE NOVĒROJUMU DATI, NO KURIEM IEGŪTI PIRMIE ATTĒLI.

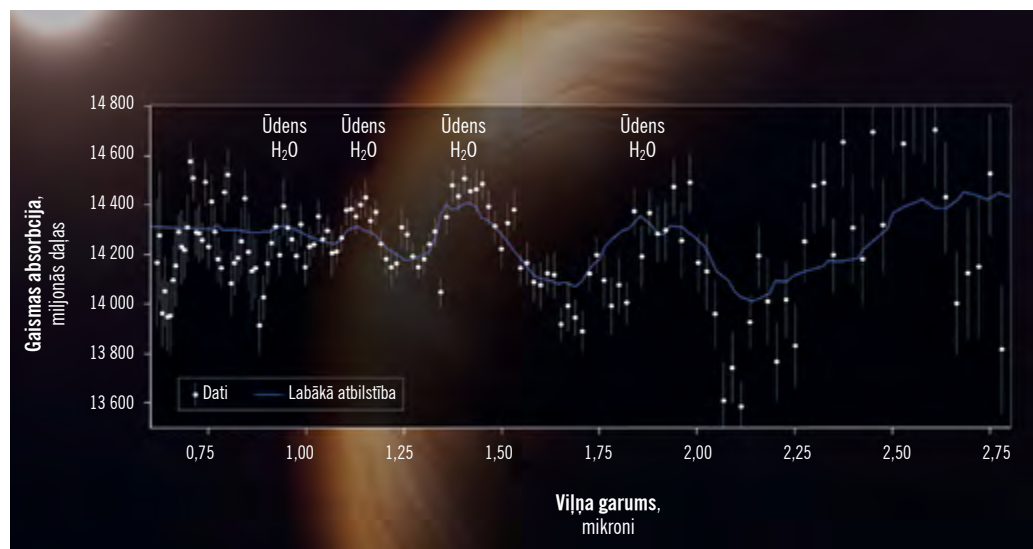
NASA/ESA/COSMOS

Par Veba teleskopa novērojumiem ir korekti teikt, ka attēlus iegūst no teleskopa datiem, jo teleskops veic novērojumus infrasarkanajā spektra daļā, ko cilvēks ar aci redzēt nevar. Attēli, ko redzam, faktiski ir datu interpretācija, no infrasarkanā storojuma attēliem ģenerējot cilvēkam redzamus attēlus.



← Pirmo attēlu plašākai publikai NASA parādīja 11. jūlijā, klāt esot ASV prezidentam Džo Baidenam, kurš teica attēla prezentācijas ievadvārdus. Attēlā redzama galaktiku kopa SMACS 0723, kas atrodas vairāk nekā četrus miljardu gaismas gadu attālumā. Attēla iegūšanai bija nepieciešamas 12,5 stundas Veba teleskopa laika

Iepriekšējā lappusē redzamo debess apgabalu ir uzņēmis arī Habla kosmiskais teleskops. Lai iegūtu attēlu, kopējais ekspozīcijas ilgums bija gandrīz divas nedēļas



Nākamos attēlus publicēja jau 12. jūlijā. Attēlā redzams Jupitera tipa milzu planētas WASP-96b atmosfēras analīzes rezultāts. Planētas atmosfērā atklāts ūdens tvaiks. Planēta atrodas apmēram 1150 gaismas gadu attālumā un apriņķo zvaigzni tikai 3,5 dienās. Tā ir tik tuvu savai zvaigznei, ka virsmas temperatūra pārsniedz 500 grādu. Planētas atmosfēra tika analizēta tranzīta brīdī, kad tā, skatoties no Zemes, gāja pāri savas zvaigznes diskam. Tādējādi bija iespējams uztvert gaismu, kas gāja cauri planētas atmosfērai, un to analizēt. Nākotnē plānots ar Veba teleskopu veikt arī mazāku, Zemei līdzīgu planētu atmosfēras sastāva noteikšanu



MAS/ESA/CSA/STScI

Dienvīdu Gredzena planetārais miglājs jeb NGC 3132 tika uzņemts ar diviem Veba teleskopa instrumentiem – NIRCam (pa kreisi) un MIRI. Miglājs atrodas apmēram 2500 gaismas gadu attālumā. MIRI attēlā labi redzams, ka miglāja centrā atrodas dubultzvaigzne

Interesanti, ka pirmie novērojumu objekti izraudzīti tā, lai, no vienas puses, iegūtu pilnvērtīgus novērojumu datus, bet, no otras puses, tie uzreiz nepretendē uz negaidītu atklājumu statusu. Pirmo novērojumu blakus mērķis bija līdz galam pārbaudīt Veba teleskopa spējas un pārlicināties, ka visi instrumenti un arī pati optiskā sistēma darbojas nevainojami.

Iegūtie dati apliecina, ka teleskopa faktiskās spējas pat pārsniedz aprēķinos paredzētās. Tiesa, Veba teleskops spējis arī saskarties ar mikrometeoroidu problēmu. Jau pirms teleskopa starta bija paredzēts, ka vidēji reizi mēnesī kādam no galvenā spoguļa segmentiem

trāpīs kāds neliels meteoroids. Un tieši tā tas notika, teleskopam ceļojot uz Lagranža punktu. Turklāt 2022. gada maijā spoguļa segmentam C3 trāpīja nedaudz lielāks meteoroids, kas nodarīja nelielus, bet nekoriģējamus bojājumus. Šos bojājumus nav iespējams pilnībā kompensēt ar tam paredzētajiem mehānismiem.

Laiks rādīs, vai tā bija nejaušība, ka šāds notikums atgadījās teleskopa darbamūža sākumā, vai arī sadursmes notiks biežāk, nekā paredzēts. Tas var radīt bažas par teleskopa veiktspēju vismaz 20 gadu ilgajā aktīvās darbības laikā. Bet šobrīd galvenā spoguļa parametri ir labāki, nekā plānots,

un Veba teleskops turpinā veikt novērojumus.

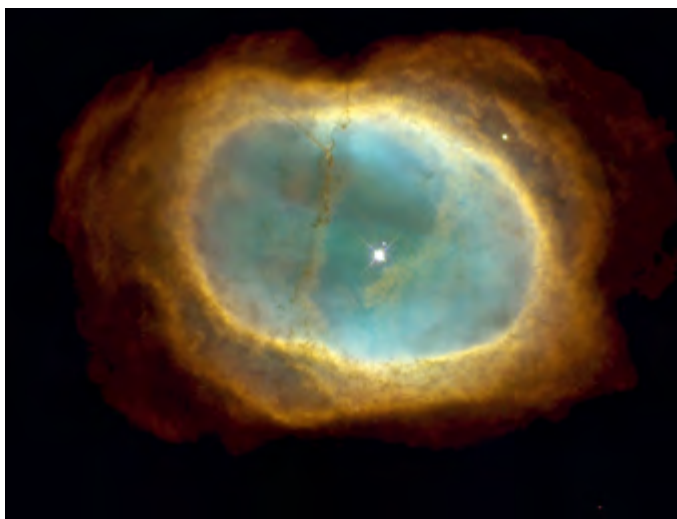
Vienā no pirmajiem Veba teleskopa attēliem parādīts Stefana kvintets (skat. 4. vāku). Tā ir četru miiedarbībā esošu galaktiku grupa, kas atrodas apmēram 290 miljonu gaismas gadu attālumā. Faktiski attēlā redzamas piecas galaktikas, bet galaktika pa kreisi atrodas krietni tuvāk nekā pārējās, galaktika NGC 7320 atrodas 40 miljonu gaismas gadu attālumā.

Pēdējā, piektajā, no Veba teleskopa pirmajiem attēliem (skat. 1. vāku) redzams miglāja un zvaigžņu kopas NGC 3324 fragments Kuģa Ķīļa zvaigznājā. Tas ir jaunu zvaigžņu veidošanās apgabals,

kas uzņemts ļoti augstā detalizācijā. NGC 3324 atrodas apmēram 7600 gaismas gadu attālumā.

Veba kosmiskais teleskops turpina darbu, un ik pa laikam tiek publicēti jauni attēli. Kad ar tiem būs saistīts kāds lielāks atklājums, par to ziņosim žurnālā. ✎

→ Salīdzinājumam – ar Habla kosmisko teleskopu 1998. gadā uzņemtais Dienvidu Gredzena miglāja attēls



NASA/ESA/STScI/AURA



NASA/ESA/STScI

Vēl viens interesants attēls tika publicēts dažas dienas vēlāk. Tajā labi saskatāms Jupitera gredzens. Spožais objekts attēla kreisajā malā ir Jupitera pavadonis Europa



NASA/JPL-Caltech/MSSS

MAHLI kameras uzņemtais visurgājēja *Curiosity* selfijs uz Marsa 2018. gada 15. jūnijā

Curiosity 10 gadi uz Marsa

IESPĒJAMS, KA *CURIOSITY* VISURGĀJĒJS IR NASA
VEIKSMĪGĀKĀ KOSMISKĀ MISIJA UZ MARSA

SEPTIŅAS MINŪTES ŠAUSMU

2012. gada jūnijā NASA Reaktīvo dzinēju laboratorijas (JPL) *YouTube* kanālā parādījās intriģējošs video (https://www.youtube.com/watch?v=Ki_Af_o9Q9s)

ar nosaukumu *Septiņas minūtes šausmu*. Tajā bija detalizēti atainota gaidāmā visurgājēja *Curiosity* nolaišanās uz Marsa, kam bija jānotiek 2012. gada 6. augustā. Tie, kas pirms 10 gadiem sekoja

šim vēsturiskajam notikumam, noteikti atceras satraukumu un nepacietību, gaidot apstiprinājumu, ka *Curiosity* sveiks un vesels ir sasniedzis sarkanās planētas virsmu. Šī pati nolaišanās tehnoloģija

tika izmantota arī 2021. gada 18. februārī, nogādājot jaunāko Marsa izpētes visurģājēju *Perseverance* Jezero krāterī.

TEHNOLOĢISKĀS INOVĀCIJAS

Curiosity nenoliedzami ir moderna kosmiskā misija, par kuru droši var teikt – nekas tāds uz Marsa agrāk nav bijis. Šis vieglās automašīnas izmēra un gandrīz tonnu smagais visurģājējs atšķirībā noniecīgajiem *Opportunity* un *Spirit* visurģājējiem ir apgādāts ar radioizotopu termoelektrisko ģeneratoru (RTG), kas nodrošina neatkarību no Saules kā enerģijas avota. Abu mazāko visurģājēju gadījumā putekļi uz to saules bateriju paneļiem ar zināmu regularitāti sagādāja problēmas, apgrūtinot darbu. RTG ļauj izmantot mobilo laboratoriju nepārtraukti, nesatraucoties nedz par mazākām un lielākām putekļu vētrām, nedz par Saules augstumu virs horizonta.

Agrāko misiju pieredze liecināja, ka trajektorijas plānošana un visurģājēja spēja pārvarēt dažādus šķēršļus ir ļoti būtiski faktori veiksmīgam darbam uz planētas. *Curiosity* atšķirībā no saviem priekšgājējiem ir daudz mobilāks, kas ļauj efektīvāk sasniegt iecerētos galamērķus. Piemēram, šis visurģājējs spēj pārvarēt līdz pat 65 centimetriem augstus šķēršļus un pārvietoties pa 12 grādu slīpu virsmu. Virsmas izvērtēšanā ļoti būtisks ir *HazCams* kameļu ieguldījums. Šīs melnbaltās kameras brauciena laikā



Gaidot ziņas par *Curiosity* nolaišanos

NASA/JPL-Caltech

fotografē apkārtni un veido 3D stereoskopiskos attēlus, kurus autonomā režīmā analizē datorprogramma un pieņem lēmumus, balstoties uz iestatītajiem parametriem. Nepieciešamības gadījumā brauciens var tikt apturēts, un iegūtos datus nākamajā sakaru sesijā var nosūtīt uz Zemi, kur tos jau pēta misijas inženieru komanda.

Katrs no aparāta sešiem riteņiem ir kontrolējams atsevišķi, nodrošinot iespēju

veikt straujus pagriezienus uz vietas. Riteņi ir izstrādāti tā, lai samazinātu iespēju visurģājējam iestīgt Marsa smiltīs, kas izrādījās liktenīgas *Spirit* robotam. Protams, 10 gadu laikā riteņi ir krietni cietuši, bet joprojām atstāj sarkanās planētas smiltīs rakstu, kas tiek izmantots nobrauktā attāluma aprēķiniem. Interesanti, ka riteņu protektora veidotie nospiedumi Morzes kodā nozīmē burtu savienojumu JPL.



Laika zoba bojātie *Curiosity* riteņi

NASA/JPL-Caltech/MSSS



MASA/JPL-Caltech/MSSS

MastCam kamera atskatās uz *Curiosity* nobraukto ceļu

DINAMISKĀ LABORATORIJA

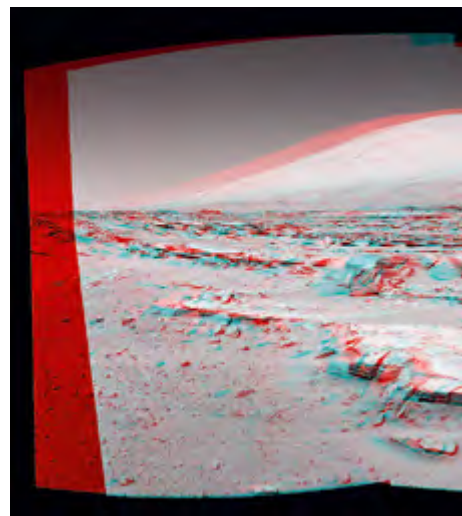
Curiosity misijas zinātniskie mērķi aptver vairākas jomas. Visurgājēja uzdevums bija turpināt Marsa izpēti, lai noskaidrotu vides apstākļus planētas veidošanās pirm-sākumos un to, vai tie varēja būt labvēlīgi mums pazīstamu dzīvības formu pastāvēšanai. *Curiosity* instrumentu klāsts nodrošina iespēju pētīt ūdens lomu planētas evolūcijā, kā arī analizēt mūsdienu apstākļus, kas ļauj sagatavoties potenciālajam cilvēku lidojumam uz Marsu. Lai sasniegtu visus izvirzītos zinātniskos mērķus, *Curiosity* ir bagātīgi aprīkots ar zinātniskajiem instrumentiem.

Interesentiem vistuvākās un pazīstamākās noteikti ir

Curiosity augstas izšķirtspējas kameras, kas fotografē apkārtni, meklējot interesantus objektus, kurus pēc tam varētu izpētīt detalizētāk. *MastCam* sistēma, ko izstrādāja kompānija *Malina Kosmosa zinātnes sistēmas*, ļauj iegūt augstas izšķirtspējas attēlus (22 centimetri uz pikseli) viena kilometra attālumā. Katra kamera ir aprīkota ar autonomu atmiņas sistēmu, kas pieļauj vairāku tūkstošu neapstrādātu attēlu uzglabāšanu un veic attēlu pirmapstrādi, tos saspiežot, bet nezaudējot kvalitāti.

Ja *MastCam* attēlos tiek pamanīts kāds izpētei interesants objekts, visurgājēja ceļš tiek veidots tā, lai objektam piekļūtu pēc iespējas tuvāk. Navigācijas trajektorijas

plānošanā tiek izmantoti *NavCam* dati. *NavCam* ir divas melnbaltas kameras, kas atrodas uz tā paša montējuma, kur *MastCam*. Šīs kameras



vienlaikus fotografē un datus kombinē, iegūstot stereoskopiskus 3D attēlus. Ja jūsu rīcībā ir stereoskopiskās 3D brilles, noteikti apmeklējiet NASA Marsa izpētes vietni <https://mars.nasa.gov/3d/images/>, kurā atradīsiet dažādu misiju, tostarp *Curiosity*, iegūtos stereoskopiskus Marsa virsmas attēlus. Ja tādu brilli nav, vietnē iespējams izlasīt instrukciju, kā tādas izgatavot.

Tiklīdz *Curiosity* atrodas mazāk nekā septiņu metru attālumā no objekta, tā izpētē iespējams iesaistīt *ChemCam*, kas sastāv no diviem instrumentiem – LIBS un RMI. LIBS ir 1067 nanometru lāzeriekārta un spektroskops. LIBS darbības maksimālais attālums ir 7 metri, izvēlēto objektu iespējams apšaudīt ar lāzera impulsiem, iztvaicējot iežus un nolasot spektra datus, kas savukārt ļauj spriest par objekta ķīmisko sastāvu. RMI ir neliels



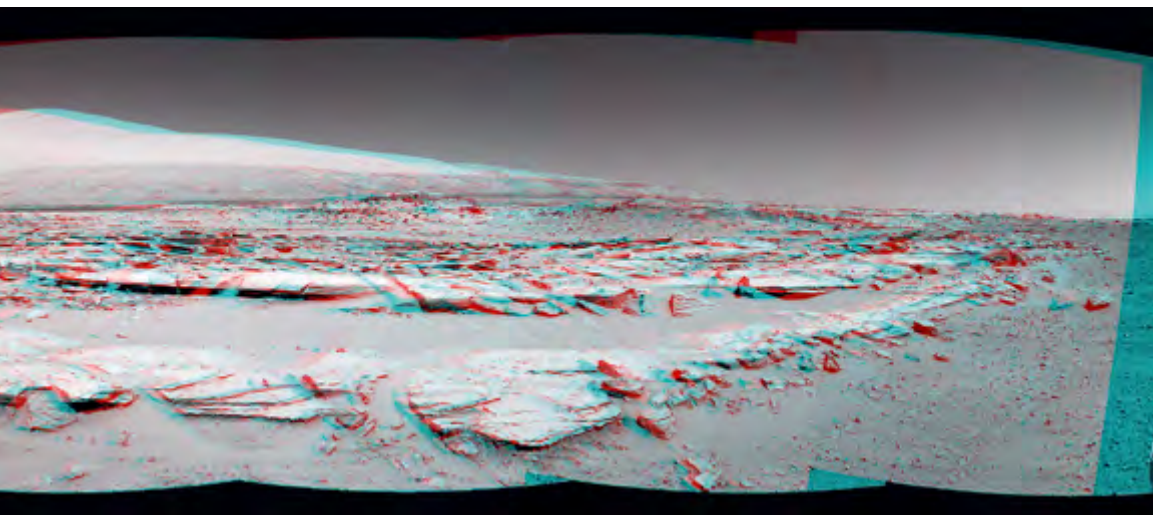
Marsa virsmā veikto 32 urbumu kompozīcija

NASA/JPL-Caltech/MSS

teleskops, ar kura palīdzību interesējošo apgabalu fotografē pirms un pēc apšaudes ar lāzera impulsiem.

Ja visurgājēju iespējams pievirzīt tuvāk par diviem metriem no interesējošā objekta, papildu analīzi

NavCam kameras stereoskopiskais 3D attēls ar Šārpa kalnu fonā

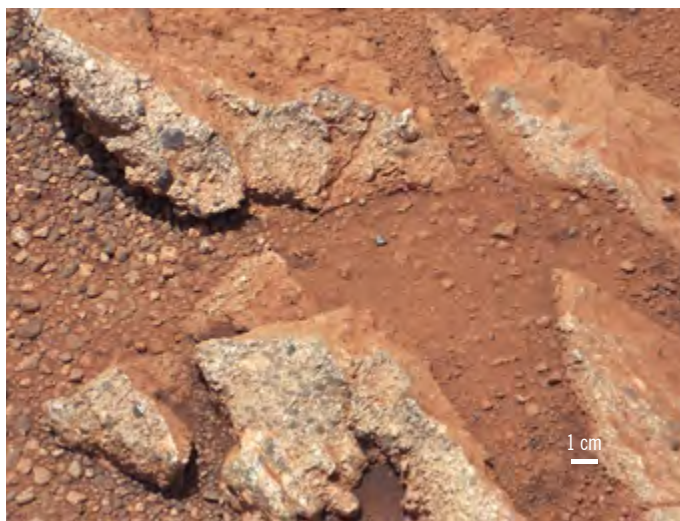


NASA/JPL-Caltech

iespējams veikt ar instrumentiem, kas uzstādīti uz 2,1 metru garās robotizētās rokas. Viens no šādiem *in situ* izpētes instrumentiem ir MAHLI kamera, kas veic paraugu mikroskopisko fotografēšanu. Šīs kameras alternatīvais uzdevums ir "selfiju" uzņemšana. Otrs instruments, kas paredzēts objekta tiešai izpētei, ir alfa daļiņu rentgenstaru spektrometrs APXS, kas apstaro interesējošo objektu ar alfa daļiņām un pēc tam fiksē rentgenstaru spektru, kas savukārt ļauj spriest par objekta ķīmisko sastāvu.

Īpašos gadījumos tiek izmantots paraugu analizēšanas komplekss, kas ietver urbi parauga iegūšanai un divus instrumentus parauga ķīmiskai analīzei. Ar *ChemIn* spektrometru paraugu apstaro ar rentgenstariem. Analizējot atstaroto gaismu, iespējams noteikt parauga ķīmisko sastāvu. Otrs instruments ir SAM, kas paredzēts gāzu un organisko vielu analīzei paraugā.

Papildus konkrētu objektu izpētei *Curiosity* veic nepārtrauktus Marsa vides mērījumus. Spānijas un Somijas zinātnisko institūciju radītā visurgājēja vides novērošanas stacija REMS ir kompakta meteostacija, kas reģistrē atmosfēras mitrumu, spiedienu, temperatūru, vēja ātrumu un ultravioleto starojumu. Informācija, kas tiek vākta jau desmit gadus, ir būtisks ieguldījums, lai labāk saprastu apstākļus uz Marsa virsmas un plānotu iespējamo cilvēka nolaišanos uz sarkanās



Marsa upju nogludinātie oļi

NASA/JPL-Caltech/MSSS

planētas. Otrs ne mazāk svarīgs instruments vides apstākļu izpētē ir radiācijas izvērtēšanas uztvērējs RAD, kas tika izmantots starojuma parametru reģistrēšanai gan kosmiskā lidojuma laikā, gan visurgājējam atrodoties uz Marsa virsmas. Šis ir pirmais ilglaicīgais projekts, kas raksturo radiācijas parametrus starplanētu vidē un uz planētas virsmas, ar kādiem potenciāli nāktos saskarties cilvēkiem, kuri dotos lidojumā uz Marsu.

CURIOSITY STATISTIKA UN SASNIEGUMI

Sākotnēji tika plānots, ka *Curiosity* misija ilgs divus gadus, bet jau 2012. gada decembrī tai tika piešķirts "pagarinājums uz mūžu". Žurnāla iznākšanas brīdī visurgājējs jau būs nosvinējis 10 darba gadu jubileju un, visticamāk, joprojām būs aktīvs.

Kopš nolaišanās brīža *Curiosity* ir nobraucis vairāk

nekā 28 kilometrus un pakāpies 612 metrus uz augšu pa Šarpa kalna nogāzi, pārvietojoties uz ģeoloģiski arvien jaunākiem periodiem. Kopumā ir veikti 35 urbumi un paņemti 6 regolīta paraugi. Desmit gadu laikā iegūts vairāk nekā 494 000 fotogrāfiju, un kopējais uz Zemi nosūtīto datu apjoms pārsniedz 310 gigabaitus. Datu izpētes rezultāti ir atspoguļoti vairāk nekā 880 publikācijās.

Ja runājam par *Curiosity* atklājumiem, tad noteikti jāsāk ar dzīvībai piemēroto vidi un ūdeni. Ne velti kā nosēšanās vieta tika izvēlēts Geila krāteris, kura ģeoloģiskā struktūra un minerālu analīze, ko veica satelīti orbītā ap Marsu, liecināja, ka miljoniem gadu senā pagātnē tas ir bijis plašs ezers, ko regulāri papildinājuši upju nestie ūdeņi. Kad visurgājējs sasniedza Šarpa kalna pakāji, izpētes rezultāti atklāja, ka tas ir veidojies no

upju atnestajiem sanesumiem. Burtiskā nozīmē tas bija dubļu kalns. Bija pagājis nedaudz vairāk nekā mēnesis uz Marsa, kad *MastCam* attēlos tika pamanīti kādreizējo upju sanestie oļi. To forma viennozīmīgi liecināja par ilgstošu un pastāvīgu ūdens plūsmu, kas nogludinājusi akmeņus.

Par ūdens klātbūtni signalizēja arī vairāku izurbto paraugu izpēte. Paraugos tika atrasts bagātīgs ķīmisko elementu klāsts, kas nepieciešami mums zināmo mikrobioloģisko dzīvības procesu uzturēšanai. Jelovnaifas (*Yellowknife*) līcī analizētais *Sheepbed* paraugs saturēja visus raksturīgos pamatelementus – sēru, slāpekli, skābekli, oglekli un fosforu. Šis paraugs atradās tikai pārsimt metru attālumā no vietas, kur *MastCam* attēlos tika pamanīti upes straumes nogludinātie oļi. Urbumā iegūtais materiāls saturēja mālus, kas liecina par šķidra ūdens mijiedarbību ar apkārtējiem iežiem. Parauga iežu krāsa bija pelēka, kas rosināja zinātniekus šo

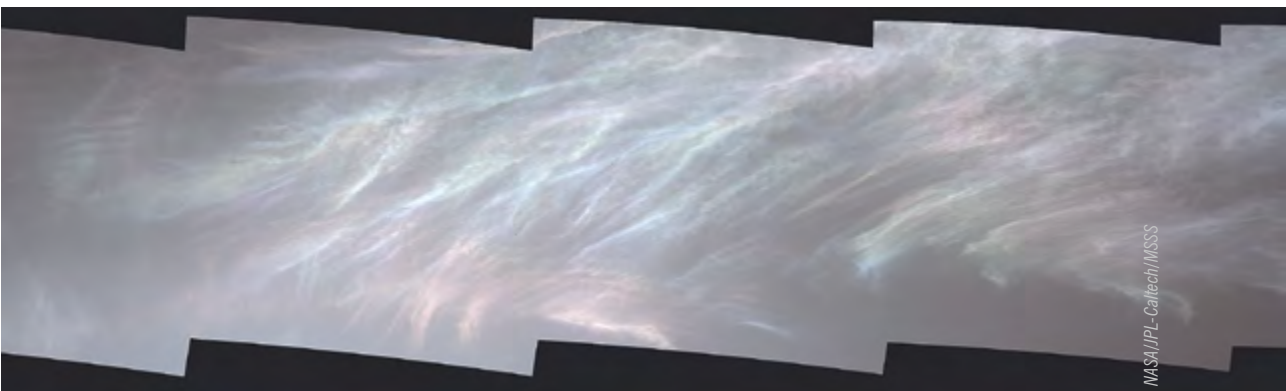
periodu nodēvēt par “pelēko Marsu”, kad apstākļi uz planētas ir bijuši daudz draudzīgāki mums pazīstamām mikrobioloģiskām dzīvības formām.

Lai arī 10 gadu darbības laikā *Curiosity* nav sastapies nedz ar dzīvīem “marsiešiem”, nedz ar to fosilijām, fakts, ka apstākļi uz sarkanās planētas ilgāku laiku ir bijuši labvēlīgi mikroorganismiem, liek cerēt, ka dzīvības izveidošanās nav ārkārtīgi rets fenomens. Protams, lielas cerības tiek liktas uz šobrīd aktīvo *Perseverance* misiju un citām nākotnē plānotajām misijām, kas varētu sniegt atbildi uz to, vai senatnē kādas dzīvības formas ir varējušas saukt sarkano planētu par savām mājām.

Arī apkārtējās vides izpētē *Curiosity* ir sagādājis virkni atbilžu un jaunu jautājumu. Viens no intriģējošākajiem novērojumiem ir saistīts ar metānu, kura koncentrācija visurgājēja apkārtnē īslaicīgi palielinājusies pat vairāk nekā 10 reizi. SAM instruments ilgākā laika periodā veica regulārus metāna koncentrācijas

mērījumus atmosfērā, konstatējot īslaicīgus, bet ļoti būtiskus metāna koncentrācijas kāpumus. Ir acīmredzams, ka tie ir lokāli avoti. Uz Zemes viens no lielākajiem metāna ražotājiem ir bioloģiskie procesi. Vai Marsa gadījumā tie varētu būt lielākā dziļumā mitošī mikroorganismi, vai tomēr tie ir kādi līdz šim nezināmi ģeoloģiski procesi, kas notiek dziļi zem Marsa regolīta virskārtas? *Curiosity* ir sagādājis pierādījumus metāna koncentrācijas mainīgumam, tagad atliek sagaidīt misiju, kas spēs atbildēt uz jautājumu, kādos procesos rodas šī gāze.

Tikpat intriģējošs bija organiskā oglekļa atklājums paraugos, kas iegūti Veras Rubinaskores urbumos. Uz Zemes šādi savienojumi veidojas bioloģiskos procesos, un līdzīgi kā attiecībā uz metānu nav pilnībā skaidrs mehānisms, kā tieši šie savienojumi ir veidojušies uz Marsa. Kā skaidroja viena no projektā iesaistītajām pētniecēm astrobioloģe Dženifera Eigenbrode (*Eigenbrode*), visgrūtākais esot “palaist vaļā



NASA/JPL-Caltech/MSSS

Perlamutra mākoņi uz Marsa



MASA/JPL-Caltech/MSSS/Texas A&M Univ

Saulriets Geila krāterī

Zemi, domājot par Marsu”, atmetot pieņēmumus, kas balstīti uz mūsu planētas procesiem, jo šīs abas planētas ir tik atšķirīgas, ka par at-radumiem uz Marsa nevar spriest pēc mehānismiem, kādi darbojas uz Zemes.

Nākotnē iespējamā cilvēku lidojuma plānošanā uz Marsu *Curiosity* devums ir ievērojams. Tā ir ne tikai lokālo laikapstākļu datubāze, kas aptver vairākus sarkanās planētas gadalaikus, bet arī radiācijas vides apstākļi, kas ir viens no nozīmīgākajiem aspektiem, lai iecerētā misija izdosies.

Jau lidojuma fāzē, atrodoties starpplanētu telpā, *Curiosity* saskārās ar tādu starojuma dozu, kas pārsniedz astronautu karjeras laikā rekomendēto apjomu. RAD instruments reģistrēja gan galaktisko kosmisko starojumu, gan lielas enerģijas Saules daļiņas, kas saistītas ar

uzliesmojumiem un koronā-lajiem izvirdumiem. Savukārt virsmas mērījumu fāzē tika novērots, ka Marsa atmosfēra nodrošina nelielu aizsardzību pret abiem starojuma veidiem. Šī aizsardzība nav pietiekama, lai cilvēki varētu droši uzturēties uz planētas. Līdz ar to iegūtie rezultāti noderēs, pētot iespējas, kā pasargāt cilvēkus no kaitīgā starojuma gan lidojuma fāzē, gan atrodoties uz Marsa virsmas. Kad *Curiosity* atradās *Murray Buttes* klints pakājē, radiācijas fona mērījumi norādīja uz starojuma intensitātes samazināšanos. Iespējams, ka runas par dzīvošanu alās uz Marsa nemaz nav jāuztver kā joks, bet efektīvs veids, kā pasargāt astronautu veselību.

Radiācijas mērījumu dati ir ne tikai ieguldījums nākotnē gaidāmajiem cilvēku lidojumiem uz Marsu, bet arī papildu faktors, lai plānotu robotizētas misijas, kuru

mērķis ir meklēt pagātnes liecības par iespējamajām dzīvības formām vai sarežģītu organisko molekulu klātbūtni. *Curiosity* reģistrētais starojums norāda, ka liecības par kādreiz eksistējušu dzīvību ir jāmeklē krietni dziļāk par pieciem centimetriem, ciktāl var ieurbties visurgājēja instruments. Tomēr arī virsmas iežu analīzē var atklāt organiskās vielas, jo tās uz Marsa virsmas varētu nogādāt meteorīti.

Starp nozīmīgiem atklājumiem, kas palīdz labāk izprast Marsa pagātni un precīzāk noteikt izpētes ceļus, gadās arī citi interesanti atklājumi. Piemēram, 2021. gada marta nogalē *MastCam* at-tēlos tika pamanīti gan sudrabainie mākoņi, kas Zemes iedzīvotājus priecē vasaras naktīs, gan daudz krāšņākie perlamutra mākoņi.

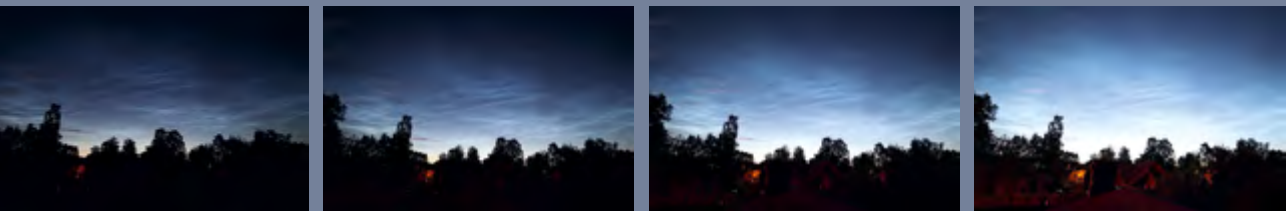
Lai arī laika zobs lēnām grauž *Curiosity* riteņus un brīžiem liek visurgājējam pārslēgties drošības režīmā, cerams, ka tuvākajā nākotnē tas turpinās savu ceļu augšup pa Šarpa kalna nogāzēm, tuvojoties mūsdienām Marsa ģeoloģiskajā evolūcijā un sagādājot arvien jaunus datus par sarkano planētu, rosinot jaunus jautājumus un palīdzot bruģēt ceļu pirmo cilvēku soļiem Marsa sarkanajās smiltīs. Un nav šaubu, ka nākotnē kāds *Homo sapiens* piesoļos pie, visticamāk, jau apklusušā *Curiosity* un draudzīgi papliķēs pa putekļiem klāto tā virsmu, pasakot pal-dies par iespaidīgo darbu. 🦋

Galaktiku izpēte

1. Novērtēt galaktiku skaitu Metagalaktikā, ja Visuma vidējais blīvums ρ šobrīd ir aptuveni 10^{-26} kg/m³! Par tipisku galaktikas masu, kas sakoncentrēta zvaigznēs, planētās un gāzu-putekļu mākoņos, uzskatīt $m = 10^{10} M_{\odot}$ (Saules masas vienības). Habla konstante $H_0 = 70$ km/(s·Mpc), tās apgrieztā vērtība ir aptuvenš Visuma vecuma novērtējums. Ņemiet vērā, ka 90% Visuma masas veido tā sauktā apslēptā masa (tumšā matērija). (2000. gads)
2. Novērtēt, ar kādu ātrumu Perseja galaktiku kopā iekrīt atsevišķas galaktikas! Šī galaktiku kopa atrodas $D = 75$ Mpc attālumā, tās leņķiskais diametrs debesīs ir $\alpha = 14'$, kopējā masa ir $M_K = 2 \cdot 10^{15}$ Saules masas. Gravitācijas potenciālā enerģija ir $U = -GMm/R$, kur R ir attālums starp ķermeņiem ar masu M un m . (2010. gads)
3. Laika momentā t_1 attālums starp galaktikām A un B bija 6 Mpc, starp galaktikām A un C attālums bija 8 Mpc, starp galaktikām B un C attālums bija 10 Mpc. Visumam izplešoties, laika momentā t_2 novērotājam galaktikā B galaktikas C sarkanā nobīde z_2 bija palielinājusies tieši 2 reizes, salīdzinot ar momentu t_1 . Aprēķināt galaktiku B un C redzamo spožumu atšķirību zvaigžņlielos novērotājam galaktikā A laika momentā t_2 , ja zināms, ka iepriekš laika momentā t_1 to redzami spožumi bija vienādi! Aprēķināt, par cik zvaigžņlielumiem novērotājam galaktikā A laika posmā $t_2 - t_1$ samazinājās galaktikas B redzamais spožums! Galaktiku īpaškustību neievērot, kā arī pieņemt, ka galaktiku absolūtie spožumi šajā laikā nav mainījušies! (2014. gads)

HDR paplašina iespējas

LAI UZŅEMTU LABAS ASTRONOMISKĀS FOTOGRAFĪJAS, JĀIZMANTO DAŽĀDAS IESPĒJAS. VIENA NO TĀM IR IEGŪT ATTĒLUS AR PLAŠU DINAMISKO DIAPAZONU.



Sudrabaino mākoņu plaša dinamiskā diapazona (HDR) attēls. Veidots no četriem attēliem ar ekspozīcijas ilgumu 0,4 sekundes, 0,8 sekundes, 1,6 sekundes un 3,2 sekundes

HDR, kas ir saīsinājums no angļu vārdiem *high dynamic range*, nozīmē "plašs dinamiskais diapazons". Fotografijā tas nozīmē, ka uzņemamajā ainā vai attēlā ir vietas ar ļoti atšķirīgu apgaismojumu – ļoti tumšas un ļoti gaišas. Tie, kas mēģinājuši dienas laikā fotografēt telpā, iekļaujot kadrā

logu, zina, ka telpas interjers izskatās ļoti tumšs, bet logs – pārgaismots. Fotografējamās ainas dinamiskais diapazons ir pārāk plašs, lai foto-kamera varētu reģistrēt visas detaļas vienā kadrā.

Tāda pati situācija daudzos gadījumos ir astrofotogrāfijā – plaša lauka attēlos ir

ļoti spožas zvaigznes un tikko saskatāmi miglāji vai galaktikas, kā arī tumšs fons. Arī Pienu Ceļam, komētām, sudrabainajiem mākoņiem, ziemeļblāzmai, Saules halo, Mēness aptumsumam ir ļoti atšķirīga spožuma detaļas. Ekstremāls piemērs ir Mēness pelnu gaisma, kur Mēness



Saules halo HDR attēls, kas veidots tikai no divām fotogrāfijām. Ekspozīcijas ilgums 1/4000 sekundes un 1/2000 sekundes

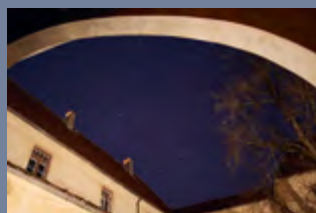
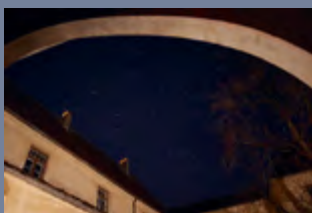
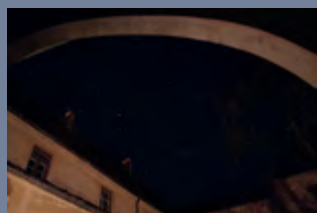
apgaismotās un tumšās daļas spožums ļoti atšķiras.

HDR ir paņēmiens, kas ļauj paplašināt attēla dinamisko diapazonu, uzņemot vairākas fotogrāfijas ar dažādu ekspozīcijas ilgumu. Pēc tam tās apstrādā ar datorprogrammu, kas saliek visas fotogrāfijas vienā, un no

katra attēla paņem labākos elementus, saglabājot gan tumšākās, gan gaišākās vietas. Rezultāts ir pārsteidzoši labs, tikai jāuzmanās, lai apstrādes procesā tas nekļūtu nereālistisks – lai neizskatītos kā uzzīmēts.

Tipiski uzņem trīs attēlus – ar normālu ekspozīcijas

ilgumu, ar divas reizes mazāku un ar divas reizes lielāku ekspozīcijas ilgumu. Var uzņemt arī piecus vai pat septiņus attēlus, likt mazāku vai lielāku ekspozīcijas ilguma soli. Minimums HDR attēla iegūšanai, protams, ir divi attēli. Daudzos fotoaparātos ir HDR funkcija, vienīgi



“Klasisks” HDR attēls, kas veidots no trim fotogrāfijām. Ekspozīcijas ilgums 2 sekundes, 4 sekundes un 8 sekundes

jāpārlicinās, vai tā adekvāti apstrādā astronomiskos foto.

Uzņemot astronomisko foto HDR sēriju, jāseko, lai kopējais sērijas ilgums un gaišākā kadra ekspozīcijas ilgums nebūtu tik liels, ka tajā laikā zvaigznes pie debesjuma ievērojami pārvietotos vai izmaiņos pats fotografējamais

objekts. Neliela izkustēšanās tiek automātiski kompensēta apstrādē. Protams, vajadzīgs statīvs un fotoaparāta distances slēdzis.

Astrofotogrāfiju apstrādei esmu izmēģinājis vairākas bezmaksas HDR datorprogrammas, tomēr tās nedeva apmierinošus rezultātus.

Toties ļoti labi strādā datorprogramma *EasyHDR* (29 eiro ar atlaidi), kas uzreiz dod ap 30 attēla variantu, no kuriem var izvēlēties optimālo. Tā arī ļoti labi izceļ gaišās un tumšās detaļas pat vienā attēlā. Tas ir LDR (*low dynamic range*) – šaura dinamiskā diapazona režīms. 🌟



Arī tikai no divām fotogrāfijām datorprogramma *EasyHDR* spēj fiksēt košu ziemeļblāzmas ainu. Ekspozīcijas ilgums 5 sekundes un 10 sekundes

FOTOSTĀSTS



SERGEJS KLIMANSKIS

Ieskatāmies Sirdī

Šo fantastisko skatu veido kosmiskie ūdeņraža mākoņi Sirds emisijas miglāja IC1805 centrā, kur zvaigžņu kopas *Melotte 15* karstās masīvās zvaigznes ar savu starojumu veido milzīgu, 15 gaismas gadu platu mākoņi. Miglājs ir redzams, pateicoties ūdeņraža, skābekļa un sēra atomu starojumam redzamajā spektra daļā. Pilns IC1805 miglāja diametrs ir apmēram 200 gaismas gadu. Zvaigžņu kopa *Melotte 15* ir samērā jauna, tai ir apmēram 1,5 miljoni gadu. Objekta attālums no Zemes ir 7500 gaismas gadu.

Attēls uzņemts 2021. gada 29. oktobrī ar Lielzeltiņu observatorijas 342 mm spoguļa astrogrāfu ar lielu gaismasspēju (1:3,35) un QHY268C kameru. Summārā ekspozīcija divas stundas. Attēla uzņemšanai un apstrādei izmantotas datorprogrammas *PHD2 Guiding*, *SGPro 3.2*, *Scopedome*, *Cartes du Ciel*, *DSS 4.1*, *Fitstacker14*, *PixInsight*, *Adobe Photoshop* un *Adobe LightRoom*.

29. lappusē publicēto uzdevumu ATRISINĀJUMI

1. Metagalaktikas rādiuss ir aptuveni vienāds ar $R = c\tau = \frac{c}{H_0}$, kur $\tau = \frac{1}{H_0}$ ir Visuma vecuma

novērtējums, $c \approx 3 \cdot 10^5$ km/s – gaismas ātrums. Metagalaktikas tilpums ir vienāds ar

$V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4\pi c^3}{3H_0^3}$. Metagalaktikas masu var aprēķināt, izmantojot šādas formulas:

$M = \frac{Nm}{1-k}$ un $M = \rho V$, kur N ir galaktiku skaits Metagalaktikā, $k = 90\% = 0,9$. Veicot

skaitliskus aprēķinus, jāņem vērā šādas sakarības: $m = 10^{10}M_\odot = 10^{10}$.

$2 \cdot 10^{30}$ kg un $1 \text{ Mpc} = 3,1 \cdot 10^{22}$ m. Izsakot galaktiku skaitu, iegūst $N = \frac{4\pi\rho c^3(1-k)}{3mH_0^3} \approx$

$\frac{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-26} \cdot (1-0,9)}{3 \cdot 10^{10} \cdot 2 \cdot 10^{30}} \left(\frac{3 \cdot 10^5}{70/3,1 \cdot 10^{22}} \right)^3 \approx 4,9 \cdot 10^{11}$ galaktiku. Tātad Metagalaktikā ir no 10^{11} līdz 10^{12} galaktiku.

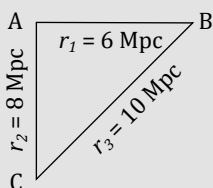
2. Perseja galaktiku kopas rādiuss ir vienāds ar $R = \alpha D/2 = 150$ kpc. Galaktiku kopas malā galaktikas īpatnējā potenciālā enerģija ir vienāda ar $U/m = -GM/R = -6,67 \cdot 10^{-11}$

$[N \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2] \cdot 2 \cdot 10^{15} \cdot 2 \cdot 10^{30}[\text{kg}] / 1,5 \cdot 10^5 \cdot 3,09 \cdot 10^{16}[\text{m}] = -5,8 \cdot 10^{13} \text{ J/g}$. Kopējā

mehāniskā galaktikas enerģija ir tuva nullei, tāpēc tās kinētiskā enerģija ir vienāda ar $-U$,

un galaktikas ātrums ir aptuveni vienāds ar $v = \sqrt{-2U/m} = 1,1 \cdot 10^7$ m/s = $1,1 \cdot 10^4$ km/s.

3. Attēlā redzams shematisks galaktiku izvietojums laika momentā t_1 .



Laika momentā t_1 galaktikas B absolūtais spožums ir vienāds ar $M_B = m_B + 5 - 5\lg r_1$,

galaktikas C absolūtais spožums ir vienāds ar $M_C = m_C + 5 - 5\lg r_2$. Tā kā saskaņā ar uzdevuma nosacījumiem laika momentā t_1 abu galaktiku redzamie spožumi ir vienādi, tad absolūto spožumu starpība $M_B - M_C = 5(\lg r_2 - \lg r_1) \approx 0^m, 625$.

Tā kā $cz_1 = Hr_3$, $cz_2 = Hr_3'$, kur c ir gaismas ātrums, z_1 ir galaktikas C sarkanā nobīde laika momentā t_1 novērotājam galaktikā B, H ir Habla konstante, r_3' ir attālums starp galaktikām B un C laika momentā t_2 , tad $z_2 / z_1 = r_3 / r_3' = 2$. Tas nozīmē, ka laika momentā t_2 Visums būs izpleties tieši 2 reizes un attālumi starp galaktikām būs palielinājušies 2 reizes.

Laika momentā t_2 galaktikas B absolūtais spožums ir vienāds ar $M_B = m_B' + 5 - 5\lg r_1'$, galaktikas C absolūtais spožums ir vienāds ar $M_C = m_C' + 5 - 5\lg r_2'$. No šīm vienādībām izriet, ka galaktiku B un C redzamo spožumu starpība novērotājam galaktikā A laika momentā t_2 ir vienāda ar $m_B' - m_C' = M_B - M_C + 5\lg r_1' - 5\lg r_2' = 5(\lg r_2 - \lg r_1) + 5(\lg r_1' - \lg r_2') = 5\lg(8/6) + 5\lg(12/16) \approx 0,625 - 0,625 = 0$.

Lai aprēķinātu, par cik zvaigžņlielumiem novērotājam galaktikā A laika posmā $t_2 - t_1$ samazinājās galaktikas B redzamais spožums, jāizmanto formulas $M_B = m_B + 5 - 5\lg r_1$ un $M_B = m_B' + 5 - 5\lg r_1'$, no kurām iegūst, ka $m_B - m_B' = 5(\lg r_1 - \lg r_1') = 5(\lg(6 \cdot 10^6) - \lg(12 \cdot 10^6)) = 5\lg(1/2) \approx -1^m, 505$. Tātad galaktikas B redzamais spožums samazinājās par $1,505$ zvaigžņlielumiem.

Kad jānosaka īstais leņķis



Reizēs, kad jāgatavojas astronomiskiem novērojumiem, jāplāno interesanta astrofotogrāfija vai vienkārši jāregulē teleskops, var gadīties, ka kaut kas jāiestata pēc vertikālā vai horizontālā līmeņa vai jāizmēra leņķi starp iekārtām vai apkārtnes objektiem. Šim nolūkam var izmantot līmeņrādi, transportieri vai kādu precīzāku instrumentu. Kā ierasts, var palīdzēt arī atbilstoša mobilā lietotne. Faktiski ikvienā viedtelefonā ir miniatūri elektroniski paātrinājuma mērītāji (akselerometri) un žiroskopi, kuru rādījumus var izmantot mobilās lietotnes. Bez šiem devējiem neiztiek arī paplašinātās realitātes lietotnes, bet dažkārt mums nevajag lielus specefektus, pietiek ar konkrētiem datiem, kuros telefons tāpat vien nerāda.

Ir vairākas lietotnes, kas imitē līmeņrāža burbuļa rādījumus. Tas ir ērti, bet lietotnei *Smart Protractor* ir dažas ievērojamas cienīgas funkcijas. Tā darbojas tieši kā transportieris. Nepieciešamo leņķi var vai nu atlikt vizuāli, vai izmērīt telefona slīpuma leņķi. Noderīga ir iespēja iestatīt jebkuru leņķi kā sākuma līmeni, ja telefona sāns podziņu dēļ līdzīgi nepieguļ konkrētai virsmai. Un dažkārt var noderēt līmeņrādis, kas pieļauj veikt leņķu mērīšanu fotokamerā redzamajiem objektiem.

Lietotne *Smart Protractor* pieejama bez maksas *Android* operētājsistēmas telefoniem. 📱

Virgo, Eiropas gravitācijas viļņu observatorija

GRAVITĀCIJAS VIĻŅI IR PARĀDĪBA, KAS IZSTIEPJ UN SASPIEŽ PAŠU TELPU, NEVIS KĀ SKAŅA, GAISMA JEB RADIO – VIĻŅI, KAS IZPLATĀS ESOŠĀ TELPĀ. TIE TIKA PAREDZĒTI ALBERTA EINŠTEIŅA VISPĀRĪGAJĀ RELATIVITĀTES TEORIJĀ JAU 1916. GADĀ, BET TIEŠĀ VEIDĀ TOS IZDEVĀS NOVĒROT TIKAI GADSIMTU VĒLĀK.

Gravitācijas viļņus sa-
gaida no masīviem
ķermeņiem, kuru
kustība tiek paāt-
rināta. Avoti ar pietiekami
spēcīgu gravitācijas lauku
var būt neitronu zvaigznes

ciešās orbītās, pārnovu eks-
plozijas jeb melno caurumu
saplūšana. Tādi objekti atro-
das tālu Visumā, un to radī-
tie gravitācijas viļņi uz Zemes
ir ārkārtīgi niecīgi un prasa
ļoti izsmalcinātas mērīšanas

iekārtas. Taču izprast gra-
vitāciju kā vienu no dabas
fundamentālajiem spēkiem
ir ļoti būtiski, un daudzus
gadu desmitus tika attīstī-
ti eksperimenti, lai sasnieg-
tu nepieciešamo precizitāti.



The Virgo Collaboration, Vikipēdija

Virgo gravitācijas viļņu observatorija no putna lidojuma. Abi trīs kilometrus garie interferometrijas tunelī savienojas centrālajā laboratorijā

Pagājušā gadsimta 60. gados tika sākti eksperimenti ar masīviem metāla cilindriem, sagaidot, ka gravitācijas viļņi ierosinās svārstības to rezonanses frekvencē. Mērījumi gan nebija veiksmīgi, un pirmie pārliecinošie pierādījumi par viļņu eksistenci nāca no netiešām liecībām. Tika atklāti pulsāri, kas riņķo viens ap otru. Radionovērojumi rādīja, ka to orbītas pakāpeniski sarūk atbilstoši sagaidāmajam enerģijas zaudējumam gravitācijas viļņu izstarošanas dēļ. Atklājums 1993. gadā saņēma Nobela prēmiju fizikā.

Šis atradums stiprināja ambīcijas veikt gravitācijas viļņu tiešos mērījumus, izmantojot liela izmēra lāzera interferometrus, lai maksimāli precīzi izmērītu attālumu izmaiņu starp to galiem. Francijas un Itālijas pētniecības iestādes 1993. gadā izlēma veidot *Virgo* observatoriju Itālijas ziemeļos. ASV – Luiziānas un Vašingtonas štātā – sācās darbs pie LIGO. Pagāja daudz gadu, izprotot un novēršot trokšņu avotus, iekams ar LIGO 2015. gadā varēja detektēt pirmos gravitācijas viļņus. Avots tika identificēts kā divu melnu caurumu saplūšana. 2017. gadā sekoja Nobela prēmija. Ar *Virgo* pirmie gravitācijas viļņi tika detektēti 2017. gadā. Starp tiem ir arī gadījums, kas vienlaikus tika novērots arī no LIGO, dodot iespēju noteikt avota vietu debesīs, to atrast arī rentgena un gamma starojumā, redzamajā gaismā un radiodiapazonā. Notikums tika



Virgo observatorija atrodas pie Cascina pilsētas, netālu uz dienvidaustrumiem no Pizas, Itālijas ziemeļos. Tās nosaukums ir kā atsauce uz Jaunavas (*Virgo*) galaktiku kopu Jaunavas zvaigznājā. Tiek sagaidīts, ka tajā atradīsies daudz gravitācijas viļņu avotu. *EGO* apzīmē Eiropas Gravitācijas observatoriju, kas apvieno daudzus institūtus, kuri veicina gravitācijas pētīšanu

identificēts kā divu neitronu zvaigžņu saplūšana, kas izveidoja t. s. kilonovu. Ticams, ka tieši šādos procesos rodas daudzi smagie ķīmiskie elementi, tostarp zelts un platīns.

Pašlaik pasaulē darbojas četras gravitāciju viļņu observatorijas: abas LIGO iekārtas ASV, *Virgo* Itālijā un KAGRA Japānā (*Kamioka* pazemes laboratorijā, vietā, kur atrodas arī kosmisko neitrīno detektori). Piektā laboratorija tiek plānota kā trešā LIGO iekārta Indijā. Konstruktijas ir visai līdzīgas, ar diviem perpendikulāriem vakuuma tuneļiem, kuros mēra attāluma svārstības starp tuneļu galos izvietotiem spoģuļiem. LIGO tuneļu garums ir četri kilometri, *Virgo* un KAGRA – trīs kilometri.

VIRGO APMEKLĒJUMI

Interesentiem tiek piedāvāta iespēja apmeklēt *Virgo* observatoriju, pastaigāties gar interferometru, apskatīt

dažādus instrumentu modeļus, daļas un prototipus, iepazīt vadības centru. Arī, ja observatoriju iespējams apmeklēt klātienē, praktiskāk varētu būt pieteikties observatorijas apskatei tiešsaistē, datorā izmantojot interneta programmu *Zoom*. Tādi (bezmaksas) apmeklējumi parasti tiek piedāvāti sestdienās un svētdienās apmeklētāju grupām gida pavadībā, ilgst apmēram divas stundas un ir pieejami dažādās valodās, piemēram, angļu.

► Pieteikties gan klātienē, gan neklātienē apmeklējumam var vietnē www.ego-gw.it/vi-sit-us/guided-tour

► Plašāka informācija par *Virgo* un *EGO* pieejama angļu valodā: www.virgo-gw.eu
www.ego-gw.it
en.wikipedia.org/wiki/Virgo_interferometer



Dainis Draviņa foto

► Daži observatorijas apmeklētāji savu virtuālo vizīti ir saglabājuši *YouTube*: youtu.be/LLvX19b-BVo

► Vispārīga informācija par gravitācijas viļņiem atrodama arī latviešu *Vikipēdijā* šķirklī *Gravitācijas viļņi*.



Dainis Draviņa foto

Abi *Virgo* interferometra tunelī stiepjas trīs kilometru garumā. Caurulēs ir īpaši izretināta vide (vakuums), lai mazinātu trokšņus no vēl nedaudzajiem atlikušajiem atomiem



Dainis Draviņa foto

Vadības centrā tiek pārraudzītas daudzas sistēmas, kurām visām jābūt kārtībā, iekams sākt mērījumus. Displejā pa kreisi redzams prāvs skaits indikatoru, kas norāda uz attiecīgās iekārtas gatavību. Kad viss ir zaļā krāsā, mērījumi var sākties!

Turpmākajos gadu desmitos, sekojot *Virgo* un *LIGO* tipa laboratorijām, tiek plānotas nākamās paaudzes gravitācijas viļņu observatorijas. Eiropas (pa)zemes observatorijas projekts ir *ET*, *Einstein Telescope* (www.et-gw.eu). ASV izskata *Cosmic Explorer* projektu (cosmicexplorer.org). Instrumentus var izolēt no mehāniskiem satricinājumiem un seismiskiem trokšņiem, taču no gravitācijas ietekmes tos izolēt nevar. Masas, kas pārvietojas uz Zemes, gan cilvēku transports, gan jūras viļņi vai lietus mākoņi, padara Zemi par trokšņainu gravitācijas vietu. Tāpēc uz Zemes iespējams novērot tikai strauji pārejošus gravitācijas viļņus, kas ir īsāki par vienu sekundi. Lai izmēritu garāku viļņu lēnākas svārstības, observatorijas būtu jāizvieto kosmosā. Šim nolūkam Eiropas Kosmosa aģentūra gatavo projektu *LISA*. Tās būs trīs kosmiskās zondes vairāk nekā miliona kilometra attālumā cita no citas (en.wikipedia.org/wiki/Laser_Interferometer_Space_Antenna). ✎

INTERESANTI

ŽURNĀLA MĀJASLAPĀ
BRĪVPĪEEJĀ TAGAD
ATRODAMI VISI
IEPRIEKŠĒJO GADU
NUMURI:
www.lu.lv/zvd

Jānis Čirviņš, LU

VENTS ZVAIGZNE

Zvaigžnotā Debess

atver lasītājiem digitālo arhīvu

Zvaigžnotā Debess pašlaik ir viens no diviem vecākajiem nepārtraukti iznākošajiem preses izdevumiem Latvijā. Populārzinātniskais astronomijas žurnāls pie lasītājiem pirmoreiz devās 1958. gada rudenī un šoruden sāk 65. riņķojumu ap Sauli. Tādējādi līdz šim iznākušie 257 numuri aptvēruši gandrīz visu kosmisko ēru – no padomju mākslīgā zemes pavadoņa *Sputņik* palaišanas orbītā žurnālu šķir tikai gads. Pirmie cilvēki kosmosā, lidojumi uz Mēnesi, Saules sistēmā un ārpus tās, kosmiskās zondes un teleskopi, orbitālās stacijas un atspolkuģi – uzcītīgs žurnāla lasītājs varēja sekot šiem notikumiem kā seriālam, kas ik gadu solīja jaunus priecīgus pārsteigumus un arī dažu traģisku neveiksmi.

Šo gadu laikā fundamentāli mainījušies daudzi cilvēka priekšstati par Visumu un debess ķermeņiem, drosmīgu hipotēžu vietā stājušās faktos labāk pamatotas teorijas, līdz nesot arī jaunas mīklas. Jaunas tehnoloģijas devušas iespēju skaidri saskatīt to, par ko vēl pirms dažiem gadu desmitiem varēja tikai sapņot. Savs pienesums astronomijas un kosmosa izpētes attīstībā bijis arī Latvijas zinātniekiem, un *Zvaigžnotā Debess* allaž centusies to atspoguļot – tāpat kā aktuālo zvaigžnotās debess karti un gaidāmos notikumus katrā gadalaikā.

Tā kā žurnāla materiāli ļauj izsekot astronomijas, astrofizikas un kosmosa izpētes vēsturei latviešu valodā, turklāt daudzi joprojām nav zaudējuši arī zinātnisko

un terminoloģisko vērtību, redakcijas kolēģija nolēma sekot daudzū pasaules populārzinātnisko izdevumu praksei un izvietot iepriekšējo gadu žurnālu digitālās versijas internetā. Senāku gadu drukātie žurnāli kļuvuši par bibliogrāfisku retumu un nav atrodami pat daudzās bibliotēkās, tāpēc lasītāji var piekļūt arhīvam brīvpieejā – bez abonēšanas maksas. Domājam šādu principu ievērot arī turpmāk.

Žurnāls *Zvaigžnotā Debess* atrodams arī Latvijas Universitātes repozitorijā: dspace.lu.lv/dspace/handle/7/1171. Tas ir brīvi pieejams lejupielādei arī no Latvijas Nacionālās bibliotēkas datoriem. Novēlam visiem mūsu lasītājiem veiksmīgu darbu ar arhīvu! 🍀



ASV pavadoņs *Echo 2*

Satelītu fotogrāfiskie novērojumi Rīgā

RĪGAS SATELĪTU NOVĒROTĀJI TURPINĀJA RADĪT JAUNAS
FOTOKAMERAS UN SASNIEDZA NOVĒROJUMU REKORDUS.

JAUNI SATELĪTI UN JAUNAS FOTOKAMERAS

1965. gada 1.–4. februārī Rīgā notika starptautiska Zemes mākslīgo pavadoņu (ZMP) novērotāju sanāksme, kurā piedalījās PSRS un sociālistisko valstu, kā arī Somijas un Itālijas pārstāvji. Tajā nolasīja vairāk nekā 30 ziņojumus, apsprieda 1964. gadā veikto darbu un vienojās par turpmākajiem pētījumiem. Jānis Ikaunieks *Zvaigžņotās Debess* 1965. gada vasaras numurā raksta: “Sadarbība ZMP novērošanā notiek, galvenokārt sinhroni veicot pavadoņu fotogrāfiskos novērojumus kosmiskās triangulācijas vajadzībām un Zemes atmosfēras blīvuma noteikšanai. Apstrādājot novērojumus,

iegūst novērošanas staciju koordinātes. Jāzina tikai vismaz vienas stacijas koordinātes. Iegūstot koordinātes pietiekami lielam staciju skaitam, ir iespējams noteikt Zemes elipsoīda parametrus, aprēķināt ģeoīda atšķirību no elipsoīda un novirzes no vertikālā virziena.” Sanāksmes dalībnieki iepazinās ar ZMP novērošanas staciju un Astrofizikas laboratoriju Baldonē.

Šajā gadā Rīgas pavadoņu stacijā bija daudz apmeklētāju, pie NAFA-3s/25 un TAFO-AL-75 kamerām stažējās ap divdesmit PSRS, Polijas, VDR un Ķīnas speciālistu. 1965. un 1966. gadā sadarbībā ar Rīgas militāro optiski mehānisko rūpnīcu Māris Ābele un Kazimirs Lapuška uzlaboja kameru NAFA-3s/25. Tai izmainīja slēdža konstrukciju, izveidoja stabilāku montējumu

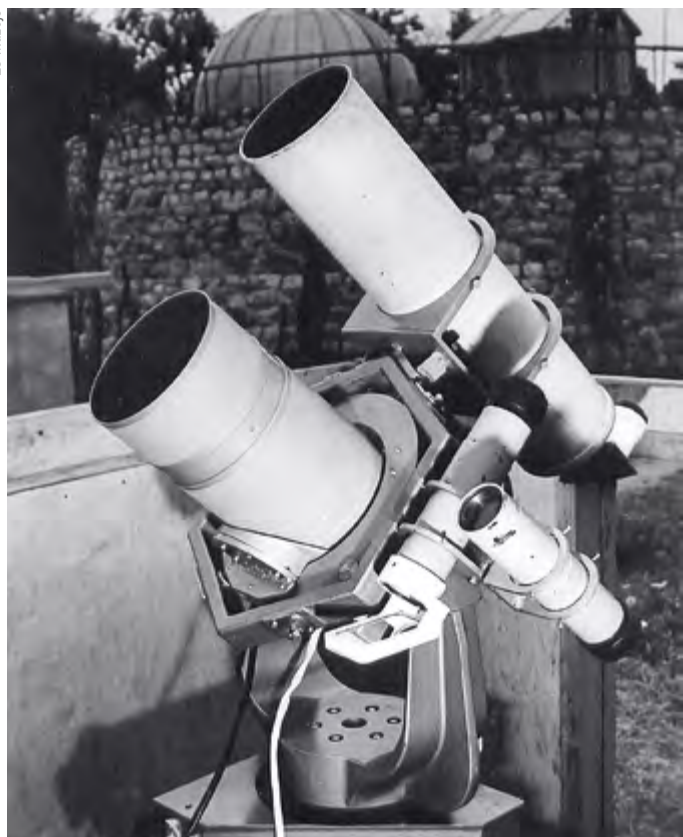
un portatīvu vadības paneli. Pēc modernizācijas kameras nosaukums bija UFISZ-25 (*Unīversālānaja fotokamera iskusstvennih sputņikov Zemļi*). Izveidoja arī otru kameras variantu UFISZ-50 ar tādu pašu objektīva diametru – 10 centimetri, bet lielāku fokusa attālumu – 50 centimetri. Abas kameras rūpnīca ražoja sērijveidā, ar tām apgādāja PSRS pavadoņu novērošanas stacijas. Vismaz pa vienam eksemplāram nonāca arī Astronomiskajā observatorijā, taču tās izmantoja maz.

ASV pavadonis *Echo 2* bija apaļš metalizētas plēves balons 41 metra diametrā. To palaida kosmosā 1964. gada 25. janvārī polārā orbītā, tādējādi tas bija novērojams no visiem zemeslodes apgabaliem kā spoža, kustīga zvaigzne. Orbītas augstums – no



LU Muzejs

Sērijā ražotās ZMP fotokameras UFISZ-25 (pa kreisi) un UFISZ-50



Potsdamas ZMP fotokamera

1000 līdz 1300 kilometriem. Pavadoni izmantoja satelītu ģeodēzijas mērījumiem un kā pasīvo radioviļņu retranslatoru. *Echo 2* nogāja no orbītas 1969. gada 7. jūnijā.

SLEPENĪBAS AIZSEGĀ

Pavadoņu novērojumi satelītu ģeodēzijas vajadzībām Rīgā notika kopš 1963. gada, bet plaša *Echo 2* novērojumu kampaņa ar mērķi ļoti precīzi noteikt novērojumu staciju savstarpējo azimutu tika organizēta 1966. un 1967. gadā. 1965. gadā izveidoja starptautisku darba grupu septiņu cilvēku sastāvā. Projektu vadīja

Potsdamas Ģeodēzijas institūts, atbildīgais no Latvijas bija Māris Ābele. Sākumā bija iecerēts noteikt azimutu Bukarestē–Rīga, taču rumāņu puse atteicās piedalīties. 1966. gadā projektā iesaistījās Bulgārijas Zinātņu akadēmija, projekts saucās Sofija–Rīga. Sofija atrodas gandrīz tieši uz dienvidiem no Rīgas. Potsdamas Ģeodēzijas institūtā VDR bija uzbūvētas trīs pavadoņu fotokameras (objektīva diametrs 20 cm, fokusa attālums 96,4 cm, redzeslauks $3,5 \times 4,7$ loka grādi). Viena bija domāta Potsdamai, otra – Rīgai, trešā – Sofijai.

Kamerai bija arī teleskops – gids – ar 11 centimetru objektīva diametru. Iekārtai bija paralaktisks montējums, fotografēšanu veica uz $6,5 \times 9$ cm stikla fotoplatēm. Pavadoņu koordinātu noteikšanas leņķiskā precizitāte bija 1–2 loka sekundes, laiku fiksēja ar 0,2 milisekunžu precizitāti.

1965. gada novembrī Rīgā pamats un paviljons Potsdamas kamerai bija gatavs, nākamā gada martā kameru uzstādīja, bija gatavi arī novērotāji. 1966. un 1967. gadā no Sofijas un Rīgas sinhroni novēroja *Echo 2*, kad tas atradās starp abām pilsētām, apmēram zenītā. Vienas pavadoņa pāriešanas laikā varēja iegūt deviņus foto ar divu minūšu intervālu. Piemēram, 1967. gadā divos sinhrono novērojumu posmos septembrī un novembrī ieguva 81 uzņēmumu. 1966. un 1967. gada beigās rezultātus nodeva Potsdamas Ģeodēzijas institūtam, kas noteica Sofijas–Rīgas azimutu. Pēc tam tapa kopīga publikācija, kurā bija minētas visas iesaistītās puses.

Tā kā tas bija ģeodēzisks projekts, novērojumos piedalījās arī Jānis Klētnieks, kurš tolaik strādāja Rīgas Politehniskajā institūtā. Viņš atcerējās: “Kārlis Šteins mani uzaicināja strādāt pavadoņu ģeodēzijas projektā sadarbībā ar Vāciju (Potsdamu) un Bulgāriju (Sofiju). Viņš teica: “Kurš tad cits novēros, ja ne Klētnieks.”

Kad sākās pavadoņa *Echo 2* novērojumi, Rīgas Politehniskajā institūtā uz

tā saukto 1. daļu, kas atbildēja par drošību un slepenību, nāca vēstules no NASA. Vēstulēs skaitļu veidā bija doti pavadoņa novērošanas laiki un citi dati, nekas daudz vairāk. Kāds varēja padomāt, ka saņemtu šifrētus ziņojumus. Nezinu, kurš to organizēja, bet, kad es veicu novērojumus pavadoņu stacijā, mani vienmēr apsargāja. Galu galā es 1. daļas vadītājam Puriņam vaicāju: “Kāpēc jūs sūtāt tos laudis mani apsargāt?” Viņš teica: “Lai nenozog kādu informāciju.” Tā mani novērošanas laikā apsargāja gan ziemā, gan vasarā. Tāda slepenība toreiz bija.” (Raita Misas raksts *Jānim Klētniekam – 90!* žurnāla *Zvaigžņotā Debess* 2019. gada rudens numurā.)

AKTĪVO PAVADOŅU FOTOKAMERA

1966. gadā Rīgas pavadoņu stacija un Užgorodas Valsts universitātes stacija kā divas vienīgās no PSRS tika iekļautas starptautiskā programmā, ko koordinēja Smitsona Astrofizikas observatorija, ar uzdevumu novērot amerikāņu aktīvos pavadoņus GEOS-A un GEOS-B, kas bija apgādāti ar zibspuldzēm. Programmā ar mērķi noteikt novērošanas staciju koordinātas ar 10 metru precizitāti un pētīt Zemes gravitācijas lauku piedalījās ASV, Francija, Lielbritānija, Nīderlande, PSRS, Spānija un Šveice.

1965. gada 6. novembrī orbītā, kuras augstums mainījās robežās no 1100 līdz 2300 kilometriem, palaida

AKTĪVO PAVADOŅU FOTOKAMERA

1969. gadā Latvijas Valsts universitātes (LVU) Astronomiskajā observatorijā tika izveidota ZMP fotokamera FAS-3A (*Fotokamera aktīvnih sputņikov*), kas bija speciāli paredzēta ar zibspuldzēm apgādātu pavadoņu fotografēšanai. Tās mehāniku un optiku izstrādāja Māris Ābele. Kameras divas montāžas bija uzstādīta uz ekvatoriālas platformas, kas darbojas tāpat kā AFU-75 kameras ekvatoriālā platforma. Spoguļlēc objektīva galvenā spoguļa diametrs bija 30 cm, ieejas atveres diametrs – 25 cm, fokusa

attālums – 48 cm, līdz ar to gaismasspēja bija 1:1,9. Fotografēšanu veica uz 6,5 × 9 cm fotoplatēm vai 6 × 9 cm fotofilmas, kadra leņķiskie izmēri – 7 × 10 loka grādi. Pavadoņa koordinātu noteikšanas precizitāte – 1,5–3",0. Kameras augstums vertikālā stāvoklī bija 140 centimetri, svars – 169 kilogrami. Kā gidu izmantoja vizuālo tālskati AT-1. Galvenajā darba režīmā kamera sekoja zvaigznēm, tāpēc tās bija redzamas kā punkti. Pavadonis kustējās attiecībā pret zvaigznēm, un zibspuldzes uzliesmojumi uz fotomateriāla veidoja punktiņu virkni. 🌟



Māris Ābele (pa labi) pie ZMP fotokameras FAS-3A novērošanas bāzē Botāniskajā dārzā



Satelīts GEOS-C bija līdzīgs satelītiem GEOS-A un GEOS-B

Ģeodēzisko pavadoni GEOS-A. Tam bija četras 670 vatu zibspuldzes, kas ar milisekundes precizitāti uzliesmoja sērijās pa 5 vai 7 uzliesmojumiem. 1966. gada marta otrajā pusē Rīgā ar AFU kameru, kas pavisam nesen bija saņemta no rūpnīcas, novēroja GEOS-A uzliesmojumus. To spožums bija 6.–7. zvaigžņlielums, un tos varēja redzēt tikai tad, kad pats pavadoņš bija ēnā. 1966. gadā Rīgā sinhroni ar Francijas, Lielbritānijas un Spānijas stacijām ieguva 38 GEOS-A uzņēmumus. GEOS-A bija arī lāzera atstarotājs un Doplera sistēmas raidītājs, tādējādi citur pasaulē pavadoni varēja novērot ar trim dažādām metodēm. Decembrī NASA sakarus ar pavadoni zaudēja.

Aktīvo pavadoņu novērošanas programma turpinājās 1968. un 1969. gadā, jo 1968. gada 11. janvārī ASV palaida GEOS-B, kas lielā mērā bija līdzīgs iepriekšējam pavadonim. Tā orbītas

augstums mainījās robežās no 1100 līdz 1600 kilometriem. GEOS-B raidīja uzliesmojumus līdz 1970. gada janvārim.

Ar kameru FAS-3A observatorija turpināja vājo aktīvo ZMP novērošanu. Observatorijas 1969. gada dokumentos minēts, ka Rīgas stacija ir vienīgā PSRS, kas piedalās starptautiskajā kosmiskajā triangulācijā, jo var novērot šādus pavadonius. Šajā laikā ZMP stacijā novēroja arī amerikāņu pavadonius *Midas-4*, *Midas-7* un *Pageos*. Piemēram, 1966. gadā sinhroni ar citām stacijām iegūti 450 *Pageos* uzņēmumi (kopā ar *Midas* – 590). 1967. gadā jau iegūti 776 uzņēmumi, aprēķinātas 918 pavadoņu pozīcijas. Kazimirs Lapuška uzstādīja AFU-75 kameras Zvenigorodā (1967) un Kubā (1968).

PAGEOS (*Passive Geodetic Earth Orbiting Satellite*) bija vēl viens pavadoņš-balons, kuru NASA palaida 1966. gada 24. jūnijā, taču šoreiz tas

bija paredzēts tieši satelītu ģeodēzijas vajadzībām. PAGEOS diametrs bija precīzi 100 pēdas (30,48 metri), un tas atradās augstākā orbītā (4200 kilometri) nekā *Echo*, tāpēc no Zemes bija redzams kā 2., nevis kā 1. zvaigžņlieluma zvaigzne. Tas atradās polārā orbītā, līdz ar to bija redzams no visiem zemeslodes apgabaliem. PAGEOS izmantoja novērojumiem Pasaules pavadoņu triangulācijas tīklā (*Worldwide Satellite Triangulation Network*), kam bija 46 stacijas visos kontinentos. Stacijas, kas atradās pat 3000–5000 kilometru attālumā, līdz 1973. gadam veica sinhronus novērojumus un noteica savas koordinātas ar 3–5 metru precizitāti. 1975. gada jūlijā PAGEOS balons sadalījās gabalos.

AUSTRUMVĀCIJAS SBG FOTOKAMERA

1968. gadā PSRS Zinātņu akadēmijas Astronomijas padome sagādāja observatorijai Austrumvācijas *Carl Zeiss Jena* ražojuma pavadoņu fotokameru SBG (*Satellitenbeobachtungs Gerät*) 135 000 rubļu vērtībā. SBG kameru uzstādīja Potsdamas Ģeodēzijas institūtā VDR un Ondržejovas (*Ondřejov*) observatorijā Čehoslovākijā, Padomju Savienībai bija paredzētas divas kameras. Ar uzstādīšanu Rīgā neveicās, vēl 1970. gadā nebija uzbūvēts paviljons. SBG kameru sāka lietot 1971. gadā, tās uzstādīšanā piedalījās VDR

speciālisti, kā pirmo novēroja vājo pavadoņi GEOS-A.

Tomēr šo fotokameru lietoja maz, jo novērošanas ierīču klāsts pavadoņu stacijā bija plašs – neskaitot SBG, bija divas AFU-75 kameras un FAS-3A. Turklāt daudz laika prasīja novērojumi ar AFU-75 kamerām ārzemēs. Piemēram, no 1971. līdz 1975. gadam septiņi darbinieki kopumā 50 mēnešus strādāja Bolīvijā, Ēģiptē, Francijas dienvidu salās, Franču Gviānā, Somālijā, sociālistiskajās valstīs.

SPĒJ TIK NOVĒROT!

Fotogrāfisko novērojumu aprīkojuma ziņā Rīgas ZMP stacijā 70. gadu sākumā bija sasniegta kulminācija. Spēj tik novērot! Un astronomi to arī darīja. Kā jau minēts iepriekš, no 1957. gada pavadoņu novērojumus veica Kazimirs Lapuška un Māris Ābele. 1966. gadā viņiem pievienojās Jānis Balodis, 1968. gadā – Augusts Rubans, Jānis Vjaters un Juris Žagars. 1971. gadā Astronomiskajā observatorijā sāka strādāt Igors Abakumovs, 1973. gadā – Valdis Gedrovics. Šie vīri veidoja novērotāju kodolu. Vienā ekspedīcijā uz Čādu 1971. gadā piedalījās arī Gunārs Spulģis, kurš strādāja Baldones Radioastrofizikas observatorijā.

Māris Ābele novērojumus Rīgā veica mazāk, jo bija aizņemts iekārtu konstruēšanā, toties daudz strādāja ārzemju ekspedīcijās. Visaktīvākais novērotājs bija Kazimirs Lapuška, kurš līdz

PAVADOŅU FOTOKAMERA SBG

Vācu fotokamerai SBG bija Šmita optiskā sistēma ar galvenā spoguļa diametru 50 cm, fokusa attālumu 78 cm un korekcijas lēcu 42,5 cm diametrā. Gida redzeslauku varēja iestatīt divās pozīcijās – 3° vai 6°. Kameras 5 × 8 loka grādus lielais redzeslauks bija plakans, tāpēc varēja izmantot 9 × 12 centimetru stikla fotoplates *Orwo Astroplatten*. Ar šo kameru novēroja

vājus pavadoņus līdz 11. zvaigžņlielumam. Ja pavadoņa orbīta bija labi zināma, varēja izmantot priekšrocību, ka kamera ir pilnīgi automātiska. Tajā ievadīja iepriekš sagatavotu perfolenti, un kameras četru asu montējums automātiski sekoja pavadoņim. Arī fotoplašu nomainīšana notika automātiski. Pavadoņu koordinātu noteikšanas precizitāte bija 1–2 loka sekundes, laika momentu fiksēja ar 0,1 milisekundes precizitāti. ✎



Kazimirs Lapuška pie pavadoņu fotokameras SBG novērošanas bāzē Botāniskajā dārzā

galam noslīpēja kolēģa radītās konstrukcijas un panāca to normālu darbošanos.

Līdz 1970. gadam Rīgā vidēji tika veikti 500 fotogrāfiskie novērojumi gadā. 1971. gadā Rīgas stacija pēc novēroto pavadoņu skaita (2744 uzņēmumi) izvirzījās par līderi PSRS, 1973. gads bija vēl ražīgāks – 3022 novērojumi. 1968.–1973. gadā

sociālistisko un sadraudzības valstu pavadoņu fotografēšanas programmās ar fotokameru AFU-75 visvairāk novērojumu veica Rīgā (21%), sekoja Kaira (13%), kur arī strādāja Astronomiskās observatorijas speciālisti. Divdesmit gados – no 1961. līdz 1981. gadam – observatorijas darbinieki dažādās stacijās



Māra Ābeles un Jāņa Vjatera izgudrojumu autorapliecības

Tautas saimniecības sasniegumu izstādes medaļām un prēmijām. 1968. gadā sudraba medaļu par kameras AFU-75 izstrādi saņēma Māris Ābele un Kazimirs Lapuška. 1969. gadā Jānis Balodis saņēma bronzas medaļu par piedalīšanos kosmiskās triangelācijas darbos. 1976. gadā par *Interkosmos* lāzera tālmēra LD-1 izstrādi Māris Ābele ieguva sudraba medaļu, Augusts Rubans – bronzas medaļu. Kazimirs Lapuška par aktīvu dalību starptautiskajā novērošanas programmā ISAGEX saņēma medaļu no Francijas Kosmosa aģentūras CNES. 1971. gada 24. septembrī viņš kļuva par ZMP novērojumu stacijas vadītāju.

LU Muzejs



Lielā horda (dubultā līnija) un novērojumu staciju izvietojums

STARPTAUTISKĀS NOVĒROJUMU PROGRAMMAS

ISAGEX (*International Satellite Geodesy Experiment*) programma notika no 1970. gada decembra līdz 1971. gada septembrim. Tajā piedalījās vairāk nekā 50 fotogrāfisko un lāzera novērojumu stacijas, arī divas Austrumeiropas valstu stacijas un četras PSRS stacijas. Trīspadsmit 2–4 dienas garos seansos novēroja pavadoņus GEOS-A un GEOS-B un noteica tīkla staciju koordinātas. Pēc visu datu apstrādes Rīgas stacijas koordinātas pasaules kosmiskās ģeodēzijas tīklā *Standarta Zeme* nu bija zināmas ar $\pm 4-5$ metru precizitāti. Tolaik tā bija labākā precizitāte, un Rīgas stacija kļuva par vienu no tīkla bāzes punktiem.

LU Muzejs

ieguva 24 500 pavadoņu foto. 20. gadsimta 80. gados novērojumu intensitāte samazinājās, jo arvien vairāk tika pieprasīti mērījumi ar lāzera tālmēriem.

LVU Astronomiskās observatorijas speciālistu aktīvais darbs jaunu pavadoņu novērošanas iekārtu radīšanā un novērojumu veikšanā tika novērtēts ar vairākām PSRS

1977. gadā pasaulē bija 131 ZMP novērošanas stacija.

1970. gadā Rīgā notika vēl viena starptautiska ZMP novērotāju sanāksme, kurā piedalījās Vācijas Demokrātiskās Republikas, Čehoslovākijas, Polijas, Ungārijas, Bulgārijas un PSRS zinātnieki, lai apmainītos ar informāciju un vienotos par turpmākiem kopīgiem darbiem.

Neskaitot jau notikušās pavadoņu novēroju kampaņas, observatorija piedalījās padomju un starptautiskajās fotogrāfisko novēroju programmās *Dinamika* (1968–1982), *Lielā horda* (1970–1981), ko koordinēja PSRS Zinātņu akadēmijas Astronomijas padome, *Atmosfēra* (1971–1985), vēlāk tām pievienojās citas. Novēroja speciālos ģeodēziskos pavadoņus un citus pavadoņus, kas palaisti augstās orbītās, arī kosmosa stacijas *Salut 7* un *Mir*. Piemēram, laikposmā no 1971. līdz 1975. gadam programmā *Lielā horda* tika iegūti 13 300 pavadoņu uzņēmumi.

Kazimirs Lapuška 1977. gadā stāsta: “Patlaban mēs piedalāmies programmā *Lielā horda*, kuras mērķis ir noteikt Zemes polāro diametru. Vispirms jāizdara ZMP novērojumi līnijā no Ziemeļpola uz Dienvidpolu, no Špicbergenas ziemeļos līdz Mīrnijas stacijai Antarktīdā. Uz šīs līnijas atrodas arī Jaunās Amsterdamas sala Indijas okeānā. Ne mazāk svarīgi ir Zemes diametra mērījumi pa ekvatoru.” (*Rīgas Balss*, 1977. gada

STARPTAUTISKĀS NOVĒROJUMU PROGRAMMAS

Programmā *Atmosfēra*, kuras mērķis bija pētīt, kā pavadoņi bremsējas atmosfēras augšējos slāņos un pakāpeniski zaudē augstumu, Rīgā novēroja pavadoņus BEB, *Explorer 19*, *Explorer 39*, GEOS A, GEOS B, *Interkosmos 10*, *Interkosmos 14*, *Interkosmos 17*, *Interkosmos 18*, *Interkosmos 19*, *Midas 4*, *Oreol 1*, *Pageos* un *Poļot 1*. No pavadoņu orbītas izmaiņām varēja izdarīt secinājumus par atmosfēras blīvumu dažādā augstumā un tā izmaiņām,

piemēram, Saules aktivitātes ietekmē. Vēlāk šajā programmā novēroja arī pavadoņus *Oreol 3* un *IKB-1300*. Programmā *Dinamika* novērojamie objekti bija pavadoņi BEB, *Explorer 19*, *Explorer 39*, GEOS A, GEOS B, *Interkosmos 10*, *Kosmos 220*, *Midas 4*, *Midas 7*, *Oreol 1*, *Pageos* un *Poļot 1*. 1981. gadā LVU Astronomiskā observatorija bija viena no desmit pasaules ģeodēziskās sistēmas atbalsta stacijām, kuras koordinātas bija noteiktas ar trīs metru precizitāti, kas tam laikam bija augsta precizitāte. 🌩



Japāņu ģeodēziskais pavadoņs *Ajisai*. Redzami plakani spoguļi un ieaļāji lāzeratstarotāji

10. jūnijs.) Uz lielās hordas līnijas (skat. attēlu 48. lpp.) atradās Barenburga, Rīga, Zvenigoroda, Kaira, Hartūma, Afoje, Kergelēna un Mirnija.

Apmēram 14 mēnešus ilgajā EPSOC (*Earth Physics Satellite Observing Campaign*) novērojumu programmā, kas turpinājās arī 1972. gadā, pavadoņu fotogrāfiskos un lāzera novērojumus izmantoja Zemes rotācijas nevienmērības, īpaši polu kustības, pētīšanā.

Populāras bija arī apvienoto metožu novērojumu programmas. 1979. un 1980. gadā Rīgas stacijā veica pavadoņu GEOS-A un GEOS-C sinhronos fotogrāfiskos un lāzera novērojumus. 1980.–1985. gadā Rīgas ZMP novērotāji piedalījās Ungārijas Zinātņu akadēmijas vadītajā programmā, kurā notika sinhroni ASV pavadoņu *Transit 13*, *Transit 19* un *Transit (Nova) 48* fotogrāfiskie

un Doplera novērojumi. Piemēram, 1983. gadā Rīgā veica apmēram 400 mērījumu, un šī stacija bija vienīgā, kas izpildīja visu programmu, tās koordinātas tika noteiktas *Transit* atskaites sistēmā ar precizitāti $\pm 1,5$ metri.

Rīgas stacija bija pirmā, kas nofotografēja 1981. gada 7. augustā palaisto bulgāru pavadoņi *Interkosmos 22 (Bulgaria 1300)* jeb *IKB-1300*. Līdz gada beigām jau bija iegūti 118 foto un 360 lāzera mērījumi. Šā pavadoņa novērojumi turpinājās līdz 1985. gadam.

NOVĒRO ARĪ ĢEOSTACIONĀROS PAVADOŅUS

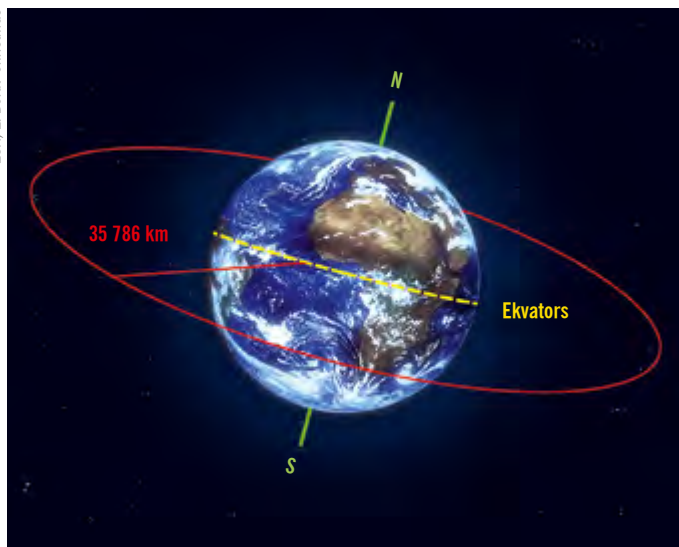
20. gadsimta 80. gados, samazinoties ģeodēzisko pavadoņu fotogrāfisko novērojumu apjomam, LVU

astronomi pievērsa uzmanību ģeostacionārajiem pavadoņiem, kuru leņķiskā kustība ir sinhronizēta ar Zemes griešanos un notiek Zemes ekvatora plaknē. Tie aprīņo Zemi reizi 24 stundās un visu laiku redzami vienā un tajā pašā virzienā apmēram 36 000 kilometru attālumā. Šajā orbītā palaiž sakaru, satelīttelevīzijas un meteoroloģiskos pavadoņus. Tā kā pavadoņi it kā stāv uz vietas, sakaru antena uz Zemes var būt nekustīga. Bija svarīgi sekot gan funkcionējošiem pavadoņiem, kas nedaudz dreifēja orbītā, gan nestrādājošiem pavadoņiem, ar kuriem bija zaudēti radiosakari. To orbīta lēni mainījās, un tie varēja sadurties ar citiem ģeostacionārajiem pavadoņiem. Mūsdienās nestrādājošus ģeostacionāros pavadoņus paceļ augstākā, "kapsētas orbītā", tādējādi izslēdzot sadursmes iespēju.

Zemes ekvatoriālajā reģionā ģeostacionārie pavadoņi redzami augstu virs galvas, tāpēc galvenā nozīme bija novērojumiem stacijās Mozambikā un Kubā. Rīgā tos varēja novērot ar grūtībām, 1986. un 1987. gadā ieguva tikai dažus foto. Galvenie novērotāji bija Jānis Balodis un Igors Abakumovs. Piemēram, 1984. gadā Jānis Balodis Mozambikā ieguva 323 ģeostacionāro pavadoņu foto.

1986.–1989. gadā pēc PSRS Zinātņu akadēmijas Astronomijas padomes pasūtījuma tika veikts līgumdarbs Nr. 1080 *Ģeostacionāro pavadoņu fotogrāfiskie novērojumi*

ESA, L. Boldt-Christmas



Ģeostacionārā orbīta atrodas 35 786 kilometru augstumā virs ekvatora

un to matemātiskā nodrošinājuma izstrāde, kuru vadīja Jānis Balodis. 1987. gadā izveidoja ESM programmu ģeostacionāro pavadoņu novērojumu apstrādei un apstrādāja 295 uzņēmumus. 1988. gadā Igors Abakumovs pielāgoja AFU-75 fotokameru ģeostacionāro pavadoņu

novērojumiem. Ja kameras ekvatoriālo sekošanas platformu atslēdz, pavadonis fotogrāfijā tiek fiksēts kā punkts un zvaigznes redzamas kā svītras. Izstrādāja arī ESM programmu, kas identificē ģeostacionāros pavadoņus. Līgumdarbā tika noteiktas 1964 ģeostacionāru pozīcijas.

1990. gada 19. oktobrī Igors Abakumovs ar kameru AFU-75 ieguva pēdējo ģeostacionārā ZMP fotouzņēmumu, un ar to satelītu fotogrāfisko novērojumu ēra Rīgā beidzās. Bet jau kopš 1973. gada Rīgā notika satelītu lāzermērījumi. Par tiem – sērijas nākamajā rakstā. 🦋



2022. gada 18. oktobrī tiešsaistē Zoom platformā notiks zinātniski vēsturiska konference *Latvijas Universitātes Astronomiskajai observatorijai 100 gadi*. Konferenci rīko Latvijas Universitātes (LU) Muzejs sadarbībā ar LU Astronomijas institūtu, un tā notiks tieši observatorijas dibināšanas 100. gadadienā. Konferences programmā iekļauti īsāki un garāki

ziņojumi un atmiņu stāstījumi par Latvijas astronomijas vēstures jautājumiem, kas saistīti ar LU Astronomisko observatoriju, LU Astronomijas institūtu, Radioastrofizikas observatoriju Baldonē, Ventspils Starptautisko radioastronomijas centru, Latvijas Astronomijas biedrību un tās priekšteci – Vissavienības Astronomijas un ģeodēzijas biedrības Latvijas

Sīkāka informācija par konferenci 2022. gada oktobrī būs atrodamā Muzejam veltītajā Latvijas Universitātes portāla sadaļā

<https://www.lu.lv/par-mums/struktura/lu-muzejs/> un portālā *StarSpace*.

nodaļu. Konferences gaitā notiks LU Muzeja sagatavotās virtuālās izstādes *Astronomiskās observatorijas 100 gadi 100 fotogrāfijās* atklāšana.

Jelgavas observatorija un Jelgavas astronomi

PAGĀJUŠI JAU 240 GADI, KOPŠ JELGAVAS ZINĀTNIEKI SĀKA LŪKOTIES KOSMOSĀ. IZSEKOSIM GALVENAJIEM JELGAVAS OBSERVATORIJAS ATTĪSTĪBAS POSMIEM UN IEPAZĪSIMIES AR NOZĪMĪGĀKAJIEM JELGAVAS ASTRONOMIEM DIVU GADSIMTU LAIKĀ.

IDEJA PAR ASTRONOMISKO OBSERVATORIJU

Atskaites punkts ir 1782. un 1783. gads, kad varam droši konstatēt pirmos zinātniskos astronomiskos novērojumus Jelgavā (toreiz saukta *Mitau* jeb *Mītava*) un līdz ar to arī Latvijā. Tas notika laikā, kad apgaismības idejas jau sāka atblāzmot Baltijā, bet latviešu zemnieki vēl cieta no dzimtniecības jūga. Sākās viss ar to, ka Jelgavā pēc hercoga Pētera Bīrona iniciatīvas 1775. gadā tika atvērta pirmā augstskola tagadējās Latvijas teritorijā – *Academia Petrina*. To uzcēla, lai muižnieku dēliem nolūkā iegūt labu izglītību nevajadzētu braukt uz ārzemēm. Tādējādi izpaudās arī Pētera Bīrona (1724–1800) centieni pozicionēt sevi kā apgaismotu, progresīvu un

eiropeisku valdnieku. Topošo universitāti, vēlāk – akadēmisko ģimnāziju, iekārtoja bijušajā hercogu pilsētas pilī, kurā jau 1772. gadā sākās pārbūves darbi.

Latvijas teritorijā pirmās augstākās mācību iestādes astronomiskās observatorijas vārds ir neapšaubāmi cieši saistīts ar tās dibinātāju, vienu no pirmajiem *Academia Petrina* pasniedzējiem, matemātikas profesoru **Vilhelmu Gotlību Frīdrihu Beitleru** (1745–1811). Par Jelgavas astronomisko observatoriju sen, 1975. gada pavasarī, *Zvaigžņotajā Debessī* rakstīja astronome Ilga Daube. Tāpat akadēmiķis Jānis Stradiņš un citi pētnieki neaizmirsā pieminēt gan Jelgavas observatoriju, gan Vilhelma Beitlera nopelnus. Tomēr autora rīcībā nonākuši jauni fakti par

šā zinātnieka dzīvi, gan kvalitatīvāks viņa portreta attēls. Daudziem *Zvaigžņotās Debess* lasītājiem šī varbūt būs pirmā iepazīšanās ar viņu un viņa skolnieku Ernstu Johanu Binemani.

VILHELMA BEITLERA DARBĪBA VĀCIJĀ

Līdzīgi vairākiem citiem Pētera akadēmijas pasniedzējiem, arī Vilhelmu Beitleru uz jaundibināto mācību iestādi uzaicināja tās statūtu un mācību plānu izstrādātājs Berlīnes Zinātņu akadēmijas akadēmiķis Johans Georgs Zulcers.

Vilhelms Beitlers dzimis Dienvidvācijas pilsētā Reitlingenē (*Reutlingen*) 1745. gada 9. februārī. Tagad tā atrodas Bādenes-Virtembergas federālajā zemē, 2018. gadā pilsētas iedzīvotāju skaits sasniedza

115,8 tūkstošus. Pasaulē nācis kā brīvās valstspilsētas rentnieka dēls, savā dzimtajā pilsētā viņš apmeklēja latīņu skolu, vēlāk, ap 1763. gadu, Tībingenes Valsts universitātē studēja tieslietas un matemātiku. Jau 22 gadu vecumā 1767. gadā Beitlers beidza savas studijas ar promocijas darbu, iegūstot doktora grādu jurisprudencē. Pēc tam viņš pieņēma galma tiesas advokāta vietu Virtembergas valsts dienestā. Viņa personiskās intereses tomēr saistījās ar matemātiku, it īpaši ar astronomiju. Tāpēc viņš pieņēma asprātīgās grāfienes Skworcevskas (*Skworzevska*) uzaicinājumu un devās uz Poliju, lai kā mājskolotājs pasniegtu viņu abu iecienītākos priekšmetus. Kādā ceļojumā

kopā ar grāfieni Beitlers Berlīnē iepazinās ar slaveno matemātiķi Ž. Lagranžu un arī J. G. Zulceru, kurš vēlāk viņam piedāvāja profesūru Mītavā. Beitlers tika iecelts par profesoru Mītavā 1773. gada 26. decembrī, vēl akadēmijas organizēšanas laikā.

1773. gadā Beitlers tomēr uz neilgu laiku atgriezās Virtembergā savā galma tiesas advokāta amatā. Pirmajā laulībā viņš bija precējies ar baronesi Mariju Oktāviju Ludoviku de Sant-Eustahiju de Mogronu no Annesi Savojā. No šīs laulības viņam bija dēls Kārlis Ferdinands (1789–1837), kurš tāpat kā tēvs studēja tieslietas Tībingenes Universitātē, bija apmeklējis savu vecvecāku Kārļa Kristofa Beitlera un viņa laulātās draudzenes



Vilhelma Beitlera portrets Kurzemes Provincē muzejā

Marijas Veronikas kapus Reitlingenes kapsētā *Zem liepām*. Pēc studiju beigšanas Kārlis Ferdinands veidoja karjeru latviešu tieslietās un pacēlās līdz galma tiesas virsadvokātam.



Academia Petrina ēka 18. gadsimta beigās (gravīra)

LAIKABIEDRI PAR VILHELMU BEITLERU

Gan studējot tieslietas, gan praktiski darbojoties Virtembergas tiesā kā advokāts, Beitlers bija ieguvis izteiktu likuma izpratni un tiekšanos pēc taisnīguma. Akadēmiskais personāls viņu novērtēja kā nesamierināmu likuma aizstāvi visos akadēmiskajos jautājumos. Cita starpā tas tika novērtēts arī tādējādi, ka 1777./1778. un 1785./1786. mācību gadā un no 1795. līdz 1797. gadam viņš bija *Academia Petrina* prorektors. Beitlers tika arī ļoti slavēts kā uzticīgs un aizrautīgs akadēmiskais pasniedzējs un zinātnieks. Kā “jaunatnes skolotāju” viņu augstu vērtēja runas dāvanu



Dagerotips ap 1840. gadu. Ģimnāzijas ēka ar astronomisko torni un augsto jumtu pirms pārbūves. Tornī atradusies laterna, kas naktīs to iegaismoja

un pedagoģiskā talanta dēļ. Vienmēr tika novērtētas viņa skaistās un viegli saprotamās lekcijas. Beitlera vīrišķīgais un tiešais raksturs, godīgums un īpašās zināšanas padarīja viņu par plaši cienītu personību ne tikai draugu un paziņu vidū, bet arī plašās aprindās Jelgavā.

Jelgavā Vilhelms Beitlers ieradās 1774. gada pavasarī un tā paša gada jūnijā sāka lasīt lekcijas *Academia Petrina*. Viņa lasītie obligātie kursi bija stereometrija, plaknes trigonometrija, praktiskā aritmētika, matemātiskās analīzes pamati, bet privātie

LAIKABIEDRI AUGSTU VĒRTĒJA VILHELMA BEITLERA RUNAS DĀVANAS UN PEDAGOĢISKO TALANTU. VIŅA LEKCIJAS BIJA SKAISTAS UN VIEGLI SAPROTAMAS.

kursi – algebra un Eiklīda *Elementi* (ģeometrija). Vēlāk Beitlera lasīto lekciju sarakstā bija arī statika, optika un pielietojamā matemātika.

Līdzās lekcijām *Academia Petrina* Vilhelms Beitlers veica arī dažādus matemātiskus pētījumus. Pēc akadēmijas dibinātāja hercoga Pētera pavēles jaundibinātajai mācību iestādei tika piešķirta kalendāra izdošanas privilēģija, kas turpmāk ietilpa profesora Beitlera pienākumos. Tā no Pētera akadēmijas dibināšanas līdz pat 1814. gadam tika izdots Jelgavas kalendārs, kurā nereti tika ievietoti Vilhelma Beitlera populārzinātniskie apcerējumi par Saules sistēmas planētām un komētām. Tomēr Vilhelma Beitlera galvenais nopelns bija astronomiskās observatorijas organizēšana Pētera akadēmijā.

INSTRUMENTI IR, OBSERVATORIJAS VĒL NAV

Jau 1773. gadā, tas ir, pirms *Academia Petrina* oficiālās atklāšanas, observatorijas un fizikas kabineta vajadzībām no Anglijas tika pasūtīti dārgi instrumenti, kas Jelgavā nonāca tikai 1778. gadā, jo ilgu laiku nostāvēja Rīgas ostā. Ieskaitot lielo muitu un ceļu līdz Rīgai, instrumenti izmaksāja 6080 Alberta dālderu. Berlīnes akadēmiķis Johans Bernulli (1744–1807), kas tobrīd ceļoja cauri Kurzemei uz Pēterburgu, savā dienasgrāmatā raksta: “Pār to (ēku) pa ceļas vispirms četrstūrains, tad astoņstūrains tornis, kas paredzēts observatorijai. No

turienes man atklājās skats uz pilsētu un tās skaisto apkārtni. Instrumenti te vēl nav redzami, jo tornis vēl nav aizslēdzams un vēl nav arī iekārtots viss vajadzīgais novērotāja ērtībai.” Bernulli minējis arī iegādātos astronomiskos instrumentus: kvadrants ar 15 collu rādiusu, Gregora sistēmas 2 pēdu tālskatis, ekvatoriālinstruments no Dolonda optiskās darbnīcas ar ahromātisku 17 collu tālskati u. c. Bez astronomiskajiem un ģeodēziskajiem instrumentiem observatorijas inventārā minēti arī zinātniskie rīki – elektrofors, mikroskops, manometri, termometri, barometri, tātad šeit tika veikti arī fizikāla rakstura pētījumi.

1778. gada novembrī hercogs Pēteris akadēmijai uzdāvināja vairākus instrumentus astronomiskiem un meteoroloģiskiem novērojumiem. Tos bija izgatavojis slavens Augsбургas mehāniķis, viens no ievērojamākajiem 18. gadsimta vācu zinātnisko instrumentu meistariem – Georgs Frīdrihs Branders (1713–1783). 1778. gadā observatorija vēl nebija iekārtota, un dažādi astronomiskie instrumenti – tālskati, kvadranti, līmeņrāži, pulksteņi, pasaules globusi u. c. – glabājās daļēji kādā no akadēmijas telpām, daļēji Vilhelma Beitlera dzīvoklī. 1779. gadā no Anglijas pienāca jauns sūtījums ar astronomiskajiem instrumentiem, un kopš šā gada Vilhelms Beitlers Jelgavā sāka sistemātiskus meteoroloģiskos novērojumus. Drīz vien tika izdots

”
OBSERVATORIJA TŪLĪT JĀIEKĀRTO TĀDĒJĀDI, LAI NE TIKAI KATRS INSTRUMENTS ATRASTOS SAVĀ VIETĀ UN AR TIEM VARĒTU SĀKT NOVĒROJUMUS, BET ARĪ LAI VISAS OBSERVATORIJAS IZSKATS BŪTU ELEGANTS UN ĒRTS UN LIECINĀTU PAR PILNĪBU.

hercoga Pētera rīkojums: “dažas istabas tagadējā observatorijā tūlīt jāiekārto tādējādi, lai ne tikai katrs instruments atrastos savā vietā un ar tiem varētu sākt novērojumus, bet arī lai visas observatorijas izskats būtu elegants un ērts un liecinātu par pilnību, lai,

to apskatot, jau varētu spriest par instrumentu vērtību.” Observatorijas iekārtošana atbilstoši hercoga norādījumiem ilga vairākus gadus. To iekārtoja akadēmijas ēkas bēniņos tieši zem augstā dakstiņu jumta ēkas dienvidu pusē, nevis tornī, jo tas nav bijis ērts.



Academia Petrina lielais zīmogs ar nospiedumu Jelgavas vēstures un mākslas muzeja ekspozīcijā



Jelgavas panorāma 1740. gadā. Pastkarte ar attēlu no gravīras

ERNSTA BĪNEMAŅA IEGULDĪJUMS

Instrumentu uzstādīšanā profesoram Beitleram neatsverams palīgs bija viens no viņa pirmajiem skolniekiem, izcili apdāvināts latviešu dzimtcilvēka dēls Ernsts Johans Bīnemanis (1753–1806). Ernsta Bīnemaņa tēvs, lielisks Blankenfeldes muižas pavārs, tika brīvlaists un pārcēlās uz dzīvi Jelgavā. Savu dēlu, kuru viņš nosauca tolaik izsūtītā Ernsta Johana Bīrona vārdā, viņš nolēma izskolot par mācītāju. Tā 1775. gadā, verot Pētera akadēmijas durvis, Ernsts Bīnemanis bija akadēmijas pašu pirmo audzēkņu skaitā. Akadēmijā Bīnemanis maz interesējās par teoloģiju, toties profesora Vilhelma Beitlera ietekmē aizrāvās ar mehāniku, matemātiku un astronomiju.

Pabeidzot mācību iestādi, 1778. gadā Bīnemanis

uzdāvināja hercogam viņa goda dienā divus pašizgatavotus globusus, katru divas pēdas diametrā, kurus hercogs Pēteris lika “ne tikai izstādīt redzamā vietā Akadēmijā, bet arī saudzīgi tos glabāt par godu autoram un citiem par pamācīšanu”. 1779. gadā Bīnemanis izgatavoja akadēmijai instrumentu, kuru varēja izmantot “sfēriskās, astronomiskās un matemātiskās ģeogrāfijas nozares zinātniskajiem pētījumiem”. Pēc zināšanu papildināšanas Londonā Bīnemanis atgriezās dzimtenē un dabūja mehāniķa vietu Pētera akadēmijā ar gada algu 300 dālderu.

Īpaši izceļami Bīnemaņa darbi gaisa kuģošanā. Raudzīšanās pasaules telpā no akadēmijas zvaigžņu lūkotavas, šķiet, bija radījusi Bīnemanim domas par cilvēka lidošanas iespējām. Drīz vien pēc franču izgudrotāju brāļu

Žozefa un Etjēna Mongolfjē pirmajiem eksperimentiem gaisa kuģniecībā Parīzē 1783. gada jūnijā – novembrī ziņas par viņu veikumu nonāca arī līdz Jelgavai. Te vietā atzīmēt, ka pirmie – 1784. un 1785. gada – Pētera akadēmijas grieķu valodas profesora K. Kitnera rediģētie un izdotie žurnāla *Jelgavas Mēnešraksts (Mitauische Monatschrift)* numuri bija gandrīz pilnībā veltīti šim sensacionālajam notikumam. Brāļu Mongolfjē izgudrojumu ietekmē Bīnemanis veica vairākus veiksmīgus mēģinājumus palaist gaisā aerostatus. Pirmā publiskā aerostata demonstrācija Jelgavā notika 1785. gada 26. jūnijā. Pēc tam – no 1784. līdz 1787. gadam – Bīnemanis devās hercogam līdzī trīs gadus ilgā ceļojumā uz Itāliju, kura laikā viņš krita hercoga nežēlastībā, pēc atgriešanās

zaudēja hercoga labvēlību, un turpmāk viņam nācās cīnīties caur dzīvi ar mēreniem panākumiem.

OBSERVATORIJA ATKLĀTA!

Atriezīsimies pie Jelgavas observatorijas vēstures.

1782. gada 17. augustā hercogs Pēteris kopā ar dzīvesbiedri Doroteju un Vidzemes bīskapu apskatīja “jauniekārtoto observatoriju”. Turpmāk hercogs demonstrēja viesiem zvaigžņu lūkotavu kā kaut ko sevišķu.

1783. gadā Jelgavas observatorijā tika izstrādāts pirmais zinātniskais darbs – pēc Saules meridionālā augstuma vairākkārtējiem mērījumiem tika noteikts observatorijas ģeogrāfiskais platums, lietojot Sisona trīs pēdu kvadrantu ar ahromātisku tālskati. Par saviem rezultātiem 1783. gada 20. decembra vēstulē Beitlers ziņoja J. Bernulli, kurš savukārt vēstuli pārsūtīja astronomiskā žurnāla izdevējam J. E. Bodem. Šis atklājums tika publicēts Berlīnes astronomiskajā žurnālā *Astronomiskā gadagrāmata 1784. gadam* ar virsrakstu *Par Jelgavas ģeogrāfisko stāvokli līdz ar dažiem turpat veiktiem astronomiskajiem novērojumiem no matemātikas profesora Beitlera kunga*. Šo notikumu pamatoti var uzskatīt par Jelgavas Astronomiskās observatorijas dibināšanu.

Tolaik astronomiskās observatorijas bija reti sastopamas. 16. un 17. gadsimta universitātēs astronomisko observatoriju vēl nebija.

Pirmās zvaigžņu lūkotavas bija gan privātas, piemēram, Johanna Hevēlija observatorija Dancigā (Gdaņskā), gan valsts varas veidotas – Uraniborgas, Griničas, Parīzes observatorijas. Latvijas teritorijai tuvākā ievērojamā observatorija tapa Pēterburgā, kad Pēteris Pirmais 1724. gadā nodibināja Pēterburgas Zinātņu akadēmiju un 1725. gadā astronomisko observatoriju. Sākot ar 1753. gadu, observatoriju iekārtoja Viļņas Universitātē, 19. gadsimta sākumā – Tērbatas (Jurjevas) Universitātē.

TURPINĀS OBSERVATORIJAS DARBS

Pie Jelgavas ģeogrāfisko koordinātu noteikšanas Beitlers strādāja arī turpmākos gadus. Lai noteiktu

ģeogrāfisko garumu, viņš novēroja Jupitera pavadoņu aptumsumus, momentus, kad Mēness aizklāj zvaigznes un Jupiteru ar tā pavadoņiem, kā arī Saules aptumsumus 1788., 1793., 1803. un 1804. gadā. 1786. gada 4. maijā viņš novēroja Merkura pāriešanu Saules diskam un par šo reto parādību ziņoja Parīzes Zinātņu akadēmijai. Viņa darbu iespieda Parīzes un Berlīnes Zinātņu akadēmijas rakstos.

Jau 18. gadsimta 90. gados Beitleram izveidojās labs kontakts ar Pēterburgas Zinātņu akadēmiju. 1795. gadā, kad Kurzemes un Zemgales hercogisti pievienoja Krievijas impērijai, Beitleru ievēlēja par Pēterburgas Zinātņu akadēmijas goda locekli, viņa darbi tika publicēti akadēmijas žurnālā. Beitlera publikāciju



J. E. Bodes Berlīnē izdotās *Astronomiskās gadagrāmatas* (1784. gads) titullapa un Vilhelma Beitlera raksta pirmā lappuse

sarakstā ir gandrīz 30 nosaukumi, no kuriem lielākā daļa ir zinātniskie raksti vācu un franču valodā, kurus viņš publicēja tā laika vadošajos astronomiskajos žurnālos. Viņš tā laika profesionālajā zinātnes pasaulē ieguva sev vārdu, jo īpaši tāpēc, ka dažus viņa darbus bija akceptējusi Francijas Zinātņu akadēmija. Vairāki no viņa vissvarīgākajiem astronomiskajiem novērojumiem atrodami arī *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences et Belles Lettres à Berlin*. Kurzēmē Beitlers bija plaši pazīstams kā Mītavas kalendāra autors no 1775. līdz 1811. gadam. Viņa divi nozīmīgākie darbi ir 1778. gadā publicētais matemātikas raksts *Nova analysis aequationum cubicarum* un *No mūsu Saules sistēmas planētām*, kas nodrukāts Mītavas kalendārā 1811. gadā, tomēr vācu bibliotēkās nevar atrast nevienu kalendāra eksemplāru.

JELGAVAS KALENDĀRS

Ka jau minēts, no Pētera akadēmijas dibināšanas līdz pat 1814. gadam tika izdots Jelgavas kalendārs. Profesors Beitlers publicēja kalendāru latviešu un vācu valodā. Struktūra, dizains, formāts un saturs gandrīz precīzi atbilda viņa dzimtajā pilsētā Reitlingenē vienlaikus izdotajam Karaliskajam Virtembergas kalendāram, kas tajā laikā bija noteicošs visai Virtembergai. No tā popularitātes var arī secināt, cik nozīmīgam bija jābūt

VAIRĀKI 18. GADSIMTA OTRĀS PUSES ASTRONOMI JELGAVAS ASTRONOMU VILHELMU BEITLERU ATZINA PAR "SAVAS CIENĪJAMĀS CUNFTES PILNVĒRTĪGU BIEDRU".

Mītavas kalendāram visā Kurzemes guberņā. Daudzi mazāka apjoma teksti, kas attiecas galvenokārt uz planētām, zvaigznājiem, kā arī uz lauksaimniecību un politiku, ir pilnībā anonīmi, taču visu to autoram vajadzētu būt V. G. F. Beitleram, līdz ar to viņa literārais mantojums faktiski ir daudz lielāks un tematiski daudz plašāks, nekā teikts viņa nekroloģā. Kalendārs apjoms bija apmēram 50 lappuses.

Visus planētu, Saules un Mēness stāvokļus un citus kalendāra datus aprēķināja Beitlers pats, tāpat viņš bija vienīgais rakstu redaktors. Viņš kā autors publicējās arī daudzos citos ārvalstu laikrakstos. Beitleru īpaši interesēja lauksaimniecība, kas bija ļoti atkarīga no laikapstākļiem, viņš eksperimentēja ar elektrību un sajūminājās par iespēju ceļot ar karstā gaisa baloniem. Viņš cieši sadarbojās ar savu studentu un asistentu Bīnemani. Latvijas bibliotēkās kalendārs nav saglabājies, taču internetā Tartu Universitātes bibliotēkā to iespējams atrast un lejuplādēt, jo daži kalendāra numuri ir digitalizēti.

Tādējādi Jelgavas muzeja speciālistu rīcībā nonāca kalendāra numuri, kas ļaus labāk izpētīt Beitlera devumu.

VILHELMA BEITLERA DARBĪBAS IZVĒRTEJUMS

Pēc Tērbatas Universitātes nodibināšanas 1801. gadā *Academia Petrina* zaudēja augstskolas tipa ģimnāzijas statusu un privilēģijas un ieguva *Gymnasium Illustre* (t. i., Cildenā ģimnāzija) nosaukumu. Beitleram piedāvāja tīrās un pielietojamās matemātikas profesora vietu Tērbatas Universitātē, tomēr viņš no piedāvājuma atteicās un ģimnāzijā nostrādāja līdz pat 1808. gadam. Beitlera astronomiskie novērojumi guva laikabiedru ievērību, uz tiem atsaucās Žozefs Lalands un Žans Delambrs Parīzē, Džuzepe Pjaci Palermo, Frīdrihs Šuberts un Stepans Rumovskis Pēterburgā un citi ievērojami astronomi. Kā atzina pats Vilhelms Beitlers, Jelgavā viņš ieradās ar trūcīgām zināšanām astronomijā, arī observatorijas organizēšana nebija viegla, taču pamazām viņš kļuva pazīstams astronoms, ko apliecina viņa ievēlēšana par Berlīnes

Zinātņu akadēmijas akadēmiķi, Helvēcijas zinātniskās biedrības locekļi, vairākas publikācijas Pēterburgas, Berlīnes un Parīzes Zinātņu akadēmiju izdevumos. Beitlera laikabiedri, jau pieminētie Lalands, Delambrs, Bode, Šuberts un citi, Jelgavas astronomu vērtējuši kā “savas cienījamās cunftes pilnvērtīgu biedru”.

Pēc ilgām ciešanām slimības dēļ Vilhelms Georgs Frīdrihs Beitlers, *Academia Petrina* nostrādājis 37 gadus, mira 1811. gada 12. septembrī 66 gadu vecumā. Viņa pēdējais astronomiskais ieraksts ir par 1811. gada lielās komētas novērojumiem, ko viņš izdarīja savas nāves priekšvakarā. Tas apliecina viņa nenogurstošo interesi par astronomiju, kas pēdējos dzīves gados bija saglabājusies nemainīga.

Beitlers kā astronoms – zinātnieks – tika augstu vērtēts. 1795. gada 26. decembrī viņš kļuva par Sanktpēterburgas Zinātņu akadēmijas locekli. kopš 1790. gada viņš bija Šveices zinātnieku biedrības biedrs. 1803. gadā cars Aleksandrs I viņu iecēla par ķeizarišķo tiesas padomnieku un 1807. gadā dāvināja dārgu emaljētu zelta tabakdozi. Reizē ar iecelšanu tiesas padomnieka postenī Beitleram tika piešķirts arī personīgs muižnieka tituls. To uzsverot, Beitlers pirms sava birģeriskā uzvārda pievienoja artikulu “fon”. Tolaik Kurzemē tas bija neparasti, jo krievu dienesta muižniecība neatbilda vācu bruņniecībai. Neraugoties uz to, Beitlers



Raksta autors Aldis Barševskis bijušās Jelgavas Astronomiskās observatorijas tornī

Silvas Barševskas foto

izmantoja titulu “fon”, lai atbilstu prasībai par līdzvērtīgu statusu un tiesībām ar reģistrēto vācu muižniecību. Viņa paraugam sekoja citas Kurzemes hercogistes augstākās amatpersonas.

Vilhelma Beitlera otrais dēls Augusts bija Krievijas impērijas valsts padomnieks un bruņinieks. Par godu saviem Reitlingenes vecvecākiem viņš 1846. gadā kapšētā *Zem liepām* lika uzcelt kapa pieminekli ar uzrakstu: “Maigi atpūties, Dievā iesvētītie pelni, kuriem bērnišķīgā dievbijībā no tāliem ziemeļiem dzenos, un ļaujiet man atrast Kunga gribu.”

Pēc Vilhelma Beitlera nāves 1811. gadā matemātikas profesora vieta Jelgavas ģimnāzijā vakanta palika līdz 1813. gadam, kad no

Tērbatas Universitātes tika uzaicināts Magnuss Georgs Paukers (1787–1855). Tas jau ir cits stāsts par Jelgavas astronomiem 19. un 20. gadsimtā, kuru varēsiet izlasīt žurnāla nākamajā numurā.

Raksta tapšanā autoram lielu atbalstu sniedza vēstures profesors doktors Eižens Vendlers no Reitlingenes Universitātes (*Eugen Wendler, Hochschule Reutlingen*). Sarakstē ar viņu gūtā informācija ļāva tuvāk ielūkoties arī Vilhelma Beitlera radurakstos un Vācijā pavadītajā dzīves posmā. Eižens Vendlers bijis arī Reitlingenes pašvaldības amatpersona. Ziņas par Vilhelmu Beitleru un viņa saistību ar Latviju un Jelgavu Eižens Vendlers ir publicējis vietējā enciklopēdijā par Reitlingeni. ✍

DEBESS SPĪDEKLĪ, 2022. gada rudenī



Zvaigžņotās debess izskats dienvidu pusē 20. oktobrī plkst. 24.00 un 20. novembrī plkst. 22.00

Šogad rudens ekvinokcijas brīdis būs 23. septembrī plkst. 4^h03^m. Saule ieies Svaru zodiaka zīmē, un sāksies astronomiskais rudens. Vienlaikus Saule pāries no debess sfēras ziemeļu puslodes uz dienvidu puslodi, un dienas kļūs īsākas

par naktīm. Ziemas saulgrieži 2022. gadā būs 21. decembrī plkst. 23^h48^m. Saule ieies Mežāža zodiaka zīmē, beigsies astronomiskais rudens, un sāksies astronomiskā ziema. Pāreja no vasaras laika uz joslas laiku notiks naktī no 29. uz 30. oktobri.

Rudenos Latvijā skaidrs laiks ir diezgan reti. Tomēr tajās reizēs, kad tāds ir, zvaigžņotā debess atstāj lielu iespaidu, sevišķi tad, ja zvaigznes var vērot laukos, kur netraucē elektriskais apgaismojums. Ogmelnajās debesīs tad ir redzami visi iespējamie

spīdekļi, Piena Ceļa joslu ieskaitot. Tāpēc viegli var rasi- ties izjūtas par Visuma bez- galību un mūžību. Ne velti rudens ir laiks, kas pats par sevi vedina uz filozofiskām un garīgām pārdomām. Rudens debesīs visvairāk iz- ceļas Pegaza un Andromedas kvadrāts. Tāpēc tieši šos zvaig- znājus var uzskatīt par rakstu- rīgākajiem rudens zvaigznā- jiem, lai arī tajos nav spožāku zvaigžņu par +2^m zvaigžņlie- lumu. Arī Auna, Trijstūra, Zivju, Vaļa, Mazā Zirga un Ūdensvīra zvaigznājos nav spožu zvaigžņu. Vienīgi Dienvidu Zivs spožākā zvaig- zne Fomalhauts ir 1. zvaigžņ- lieluma zvaigzne. Tomēr tā pie mums pat kulminācijā ir redzama ļoti zemu pie ho- rizonta (ne vairāk kā 3°). Andromedas zvaigznājā at- rodas slavenais Andromedas miglājs (M31). To iespē- jams saskatīt pat ar neap- bruņotu aci. Līdzīgs miglājs (galaktika) M33 ar binokli saskatāms Trijstūra zvaig- znājā. Spoža lodveida zvaig- žņu kopa M2 aplūkojama Ūdensvīra zvaigznājā un līdzī- ga M15 – Pegaza zvaigznājā. Rudens otrajā pusē pēc pus- nakts labi redzami kļūst skaistie ziemas zvaigznāji – Orions, Vērsis, Dvīņi, Vedējs, Lielais Suns un Mazais Suns.

PLANĒTAS

Rudens sākumā, 23. septem- brī, **Merkurs** atradīsies apakšē- jā konjunkcijā ar Sauli (starp Zemi un to). Tāpēc septem- bra beigās tas nebūs redzams. Tomēr jau 9. oktobrī Merkurs

atradīsies maksimālajā rie- tumu elongācijā (18°). Tāpēc oktobra pirmajā pusē to va- rēs ieraudzīt rītos, neilgu laiku pirms Saules lēkta, zemu pie horizonta, dienvidaustrumos. Turklāt tam būs diezgan liels redzamais spožums: –0^m,5. 8. novembrī Merkurs nonāks augšējā konjunkcijā ar Sauli (aiz tās). Tāpēc oktobra otrajā pusē un novembrī tas nebūs redzams. 21. decem- brī Merkurs atradīsies mak- simālajā austrumu elongāci- jā (20°). Tomēr arī decembra vakaros Merkura novēroša- na būs apgrūtināta. 25. sep- tembrī plkst. 15^h Mēness paies garām 5° uz augšu, 24. oktobrī plkst. 18^h 0,5° uz leju un 24. novembrī plkst. 16^h 2° uz leju no Merkura.

2022. gada rudenī **Venera** ne- būs novērojama. 23. oktob- rī tā atradīsies augšējā kon- junkcijā ar Sauli (aiz Saules). Tāpēc visu šo periodu Venerai būs mazs leņķis- kais attālums (elongāci- ja) no Saules. 25. septembrī plkst. 10^h Mēness paies ga- rām 2° uz augšu, 25. oktob- rī plkst. 14^h 1° uz leju un 24. novembrī plkst. 15^h 3° uz leju no Veneras.

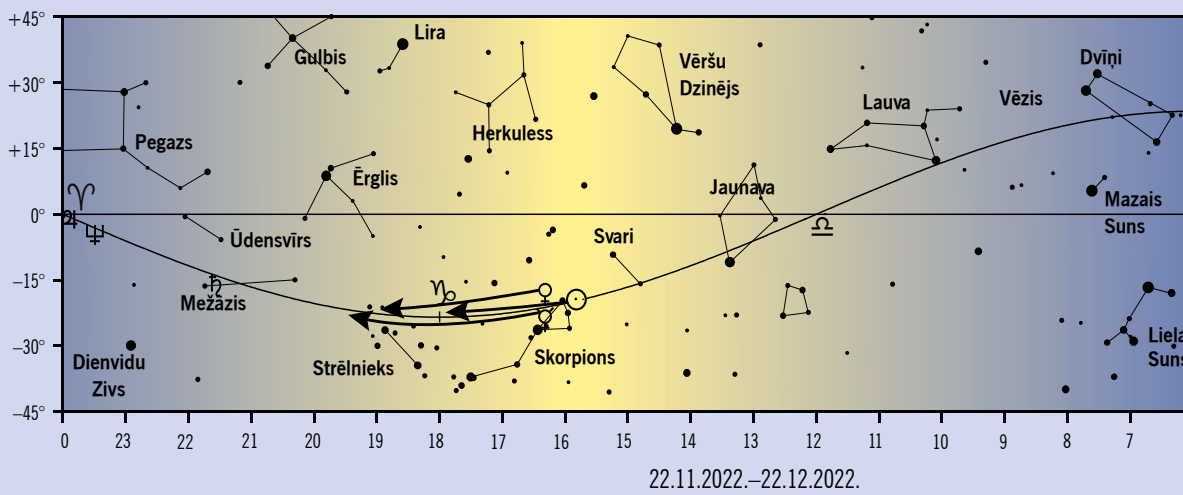
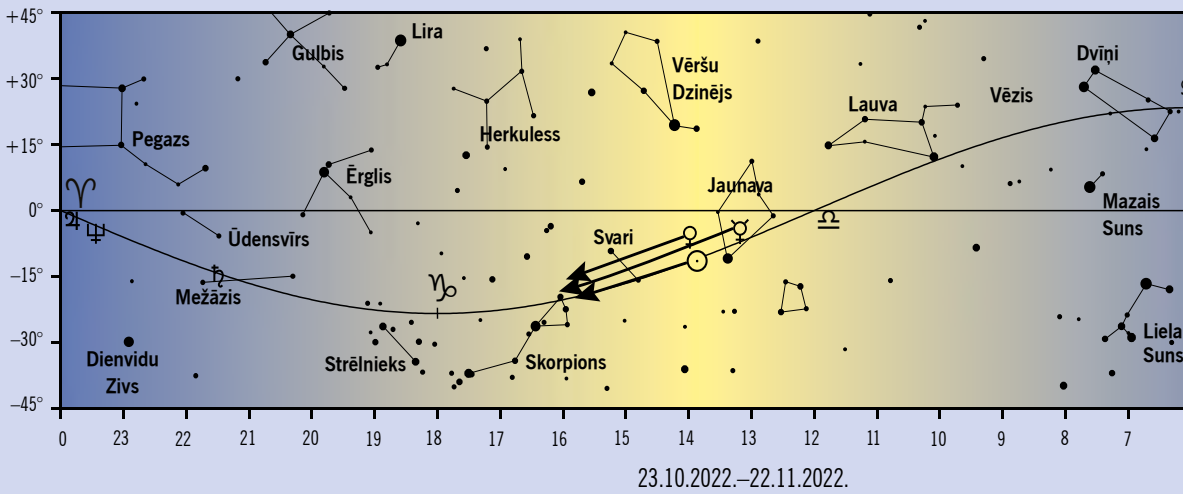
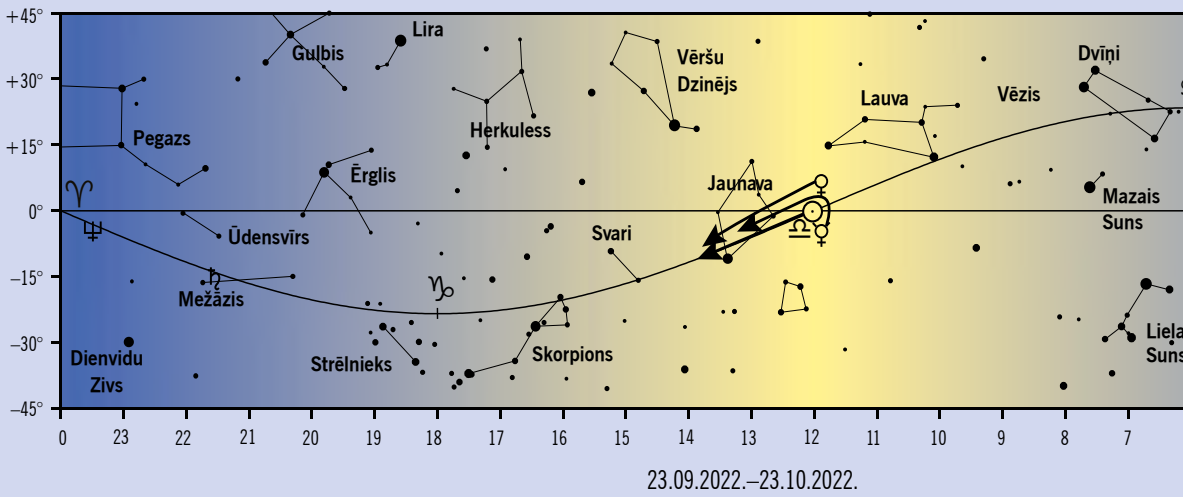
Rudens sākumā un oktobra pirmajā pusē **Marss** lēks da- žas stundas pēc Saules rieta un būs labi redzams līdz pat rītam. Tā spožums rudens sā- kumā būs –0^m,5. Visu šo lai- ku, līdz pat rudens beigām, Marss atradīsies Vērša zvaig- znājā. Oktobra otrajā pusē un novembra pirmajā pusē

tas jau būs redzams gandrīz visu nakti, izņemot neilgu lai- ku pēc Saules rieta. Spožums pieaugs līdz –1^m,3. 8. decem- brī būs Marsa opozīcija. Tāpēc novembra otrajā pusē un de- cembrī tas būs ļoti labi no- vērojams visu nakti. Marsa spožums sasniegs –1^m,9, un redzamais leņķiskais dia- metrs būs 17" (lielo opozī- ciju laikā ~25"). 15. oktobrī plkst. 7^h Mēness paies ga- rām 3° uz augšu, 11. novem- brī plkst. 15^h 1,5° uz aug- šu, 8. decembrī plkst. 7^h Mēness aizklās Marsu.

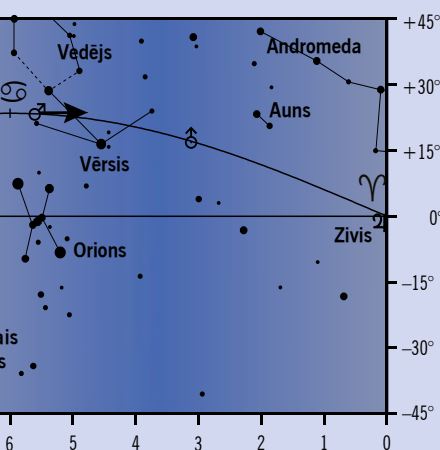
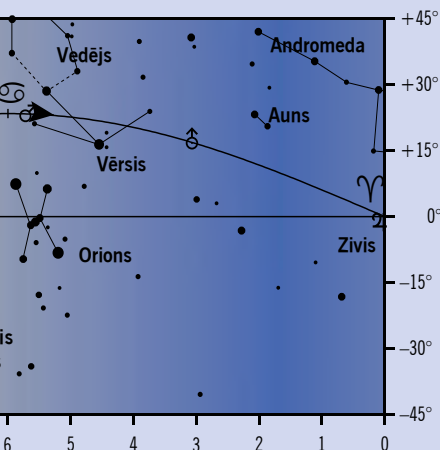
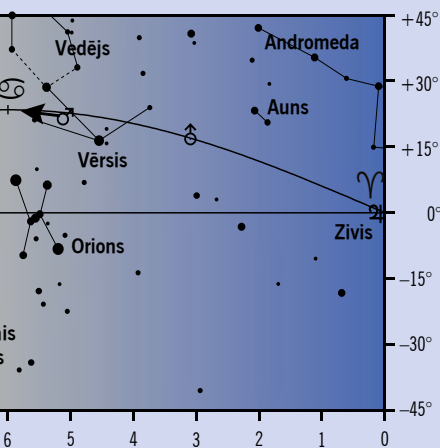
Pašā rudens sākumā un ok- tobrī **Jupiters** būs ļoti labi no- vērojams gandrīz visu nakti, 26. septembrī tas būs opo- zīcijā. Tā spožums šajā lai- kā būs pat –2^m,9! Novembrī un decembrī planēta būs labi redzama nakts pirma- jā pusē. Jupitera spožums ru- dens beigās būs –2^m,4. Visu rudeni Jupiters atradīsies Zivju zvaigznājā tuvu ro- bežai ar Ūdensvīra un Vaļa zvaigznāju. 8. oktobrī plkst. 22^h Mēness paies garām 3° uz leju, 5. novembrī plkst. 0^h 3° uz leju un 2. decembrī plkst. 4^h 3° uz leju no Jupitera.

Pašā rudens sākumā **Saturns** būs novērojams lielāko nakts daļu, izņemot rīta stundas, zemu pie horizonta dienvid- rietumu pusē. Tā spožums šajā laikā būs +0^m,4. Oktobrī Saturns būs redzams nakts pirmajā pusē. Novembrī un decembrī Saturna redzamī- bas intervāls vakaros būs vairākas stundas pēc Saules





Saules šķietamais ceļš 2022. gada rudenī kopā ar planētām. Uz zilā fona parādītie spīdekļi redzami naktī



rieta. Visu šo laiku Saturns atradīsies Mežāža zvaigznājā. 5. oktobrī plkst. 20^h Mēness paies garām 5° uz leju, 2. novembrī plkst. 1^h 5° uz leju un 29. novembrī plkst. 8^h 5° uz leju no Saturna.

Rudens sākumā, oktobrī un novembrī **Urāns** būs ļabi novērojams gandrīz visu nakti, jo 9. novembrī atradīsies opozīcijā. Tā spožums šajā laikā

sasnies pat +5^m. 6. Decembrī tas būs redzams lielāko nakts daļu, izņemot rīta stundas. Visu šo laiku Urāns atradīsies Auna zvaigznājā. Lai to saskatītu, nepieciešams vismaz binoklis un zvaigžņu karte. 12. oktobrī plkst. 10^h Mēness aizklās Urānu, 8. novembrī plkst. 14^h Mēness aizklās Urānu (zem horizonta), 5. decembrī plkst. 19^h Mēness vēlreiz aizklās Urānu.

ASTEROĪDI

2022. gada rudenī opozīcijā vai tuvu opozīcijai un spožāki par +9^m būs trīs asteroīdi – Junona (3), Vesta (4) un Eiterpe (27).

Junona

Datums	α_{2000}	δ_{2000}	Attālums no Zemes, au	Attālums no Saules, au	Spožums
23.09.	22 ^h 50 ^m	-7°09'	1,306	2,280	8,1
3.10.	22 ^h 44 ^m	-8°58'	1,333	2,254	8,3
13.10.	22 ^h 41 ^m	-10°26'	1,382	2,229	8,5
23.10.	22 ^h 41 ^m	-11°31'	1,448	2,205	8,7
2.11.	22 ^h 43 ^m	-12°09'	1,526	2,181	8,8
12.11.	22 ^h 49 ^m	-12°22'	1,614	2,159	9,0
22.11.	22 ^h 57 ^m	-12°13'	1,708	2,137	9,1

Vesta

Datums	α_{2000}	δ_{2000}	Attālums no Zemes, au	Attālums no Saules, au	Spožums
23.09.	21 ^h 56 ^m	-22°36'	1,441	2,320	6,7
3.10.	21 ^h 53 ^m	-22°35'	1,533	2,330	6,9
13.10.	21 ^h 53 ^m	-22°14'	1,641	2,340	7,2
23.10.	21 ^h 56 ^m	-21°37'	1,759	2,350	7,4
2.11.	22 ^h 02 ^m	-20°45'	1,886	2,360	7,6
12.11.	22 ^h 10 ^m	-19°41'	2,018	2,370	7,7
22.11.	22 ^h 19 ^m	-18°27'	2,153	2,379	7,9

Eiterpe

Datums	α_{2000}	δ_{2000}	Attālums no Zemes, au	Attālums no Saules, au	Spožums
2.11.	3 ^h 23 ^m	+16°10'	1,054	2,032	9,2
12.11.	3 ^h 13 ^m	+15°40'	1,029	2,019	8,8
22.11.	3 ^h 03 ^m	+15°08'	1,029	2,007	9,1
2.12.	2 ^h 54 ^m	+14°43'	1,054	1,995	9,4



KOMĒTAS

C/2022 E3 (ZTF) komēta. Šī komēta 2023. gada 13. janvārī būs perihēlijā. Rudens beigās un ziemā tā būs labi novērojama ar binokli vai teleskopu un, iespējams, būs redzama pat ar neapbruņotu aci.

Datums	C_{2000}	δ_{2000}	Attālums no Zemes, au	Attālums no Saules, au	Spožums
7.12.	15 ^h 53 ^m	+25°22'	1,642	1,261	9,6
12.12.	15 ^h 53 ^m	+25°58'	1,536	1,225	9,3
17.12.	15 ^h 54 ^m	+26°46'	1,423	1,194	9,0
22.12.	15 ^h 54 ^m	+27°50'	1,301	1,167	8,7
27.12.	15 ^h 54 ^m	+29°13'	1,173	1,145	8,4

APTUMSUMI

Daļējs Saules aptumsums

25. oktobrī

Šis aptumsums būs redzams Eiropā, Krievijā, Āzijas rietumos un Āfrikas ziemeļaustrumos. Aptumsuma maksimums būs Krievijā, kur daļējās fāzes lielums būs 0,8611.

Latvijā aptumsums būs redzams. Aptumsuma gaita Rīgā:

- daļējās fāzes sākums – 12:12;
- maksimālās fāzes brīdis (0,598) – 13:22;
- daļējās fāzes beigas – 14:33.

Pilns Mēness aptumsums

8. novembrī

Šis aptumsums būs redzams Āzijas austrumos, Austrālijā, Ziemeļamerikā, Dienvidamerikā un Klusajā okeānā. Latvijā aptumsums nebūs redzams.

Mēness aizklāj spožākās zvaigznes un planētas

Datums	Zvaigzne	Spožums	Aizklāšana	Atklāšana	Mēness augstums	Mēness fāze
30.11.	Ūdensvīra Tau	4 ^m ,1	17 ^h 27 ^m	18 ^h 35 ^m	18°–20°	50%
5.12.	Urāns	5 ^m ,7	18 ^h 55 ^m	19 ^h 53 ^m	34°–41°	94%
8.12.	Marss	–1 ^m ,9	6 ^h 58 ^m	7 ^h 45 ^m	15°–9°	100%

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

MĒNESS

Mēness perigejā un apogejā

Perigejā: 4. oktobrī plkst. 19^h;

29. oktobrī plkst. 18^h;

26. novembrī plkst. 4^h.

Apogejā: 17. oktobrī plkst. 13^h;

14. novembrī plkst. 8^h;

12. decembrī plkst. 2^h.

Mēness fāzes

● Jauns:

26. septembrī 0^h54^m;

25. oktobrī 13^h48^m;

24. novembrī 0^h57^m.

● Pirmais ceturksnis:

3. oktobrī 3^h14^m;

1. novembrī 8^h37^m;

30. novembrī 16^h36^m.

○ Pilnmēness:

9. oktobrī 23^h54^m;

8. novembrī 13^h02^m;

8. decembrī 6^h08^m.

● Pēdējais ceturksnis:

17. oktobrī 20^h15^m;

16. novembrī 15^h27^m;

16. decembrī 10^h56^m.

METEORI

1. Drakonīdas.

Plūsmas aktivitātes periods ir laikā no 6. līdz 10. oktobrim.

Maksimums gaidāms

8./9. oktobra nakts rīta pusē.

Plūsma ir mainīga, un tās intensitāti ir grūti prognozēt.

2. Orionīdas.

Plūsmas aktivitātes periods ir laikā no 2. oktobra līdz 7. novembrim.

Maksimums gaidāms

21. oktobrī, kad stundas

laikā var būt novērojami

apmēram 20 meteori.

3. Leonīdas.

Šīs plūsmas aktivitātes periods ir no 6. līdz 30. novembrim.

Maksimums gaidāms naktī

no 17. uz 18. novembrī.

Plūsmas aktivitāti ir grūti

prognozēt, tomēr ir iespējami

brīži ar samērā lielu meteoru

intensitāti, apmēram

10–20 meteori stundā.

4. Geminīdas.

Pieskaitāma pie pašām aktīvākajām un stabilākajām plūsmām. Tās

meteori novērojami laikā

no 4. līdz 17. decembrim.

Šogad maksimums gaidāms

14. decembrī, kad plūsmas

intensitāte var sasniegt

120 meteorus stundā.

ABONĒ ŽURNĀLU ZVAIGŽNOTĀ DEBESS

UN ARĪ TURPMĀK UZZINI PAR
JAUNĀKAJIEM ATKLĀJUMIEM ASTRONOMIJĀ!

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

ŽURNĀLS IZNĀK ČETRAS REIZES GADĀ: MARTĀ, JŪNIJĀ, SEPTEMBRĪ UN DECEMBRĪ
2022. gada abonementa cena 9,00 EUR

ABONĒ LATVIJAS PASTA NODAĻĀS VAI INTERNETĀ: PASTS.LV

ABONĒŠANAS INDEKSS LATVIJAS PASTĀ: 2214

ISSN 0135-129X



9 770135 129006 >

0 3 >

Cena 3,00 €