

ZVAIGŽNOTĀ DEBĒSS

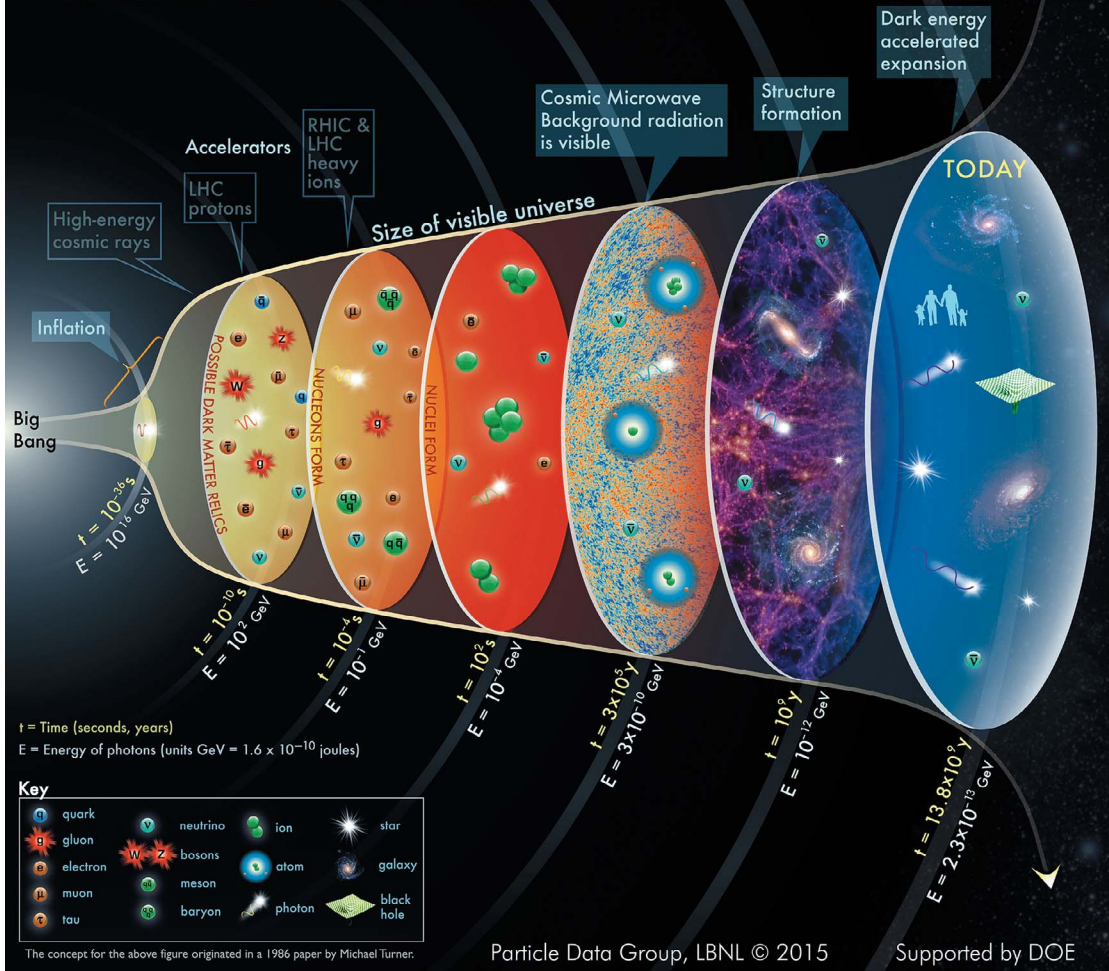
2015
RUDENS

★ **MEDŪZAS MIGLĀJS
DVĪNU ZVAIGZNĀJĀ**



- ★ **14. JŪLIJS: NASA ZONDE NEW HORIZONS PĀRLIDO PLUTONU**
- ★ **STARTS no ZEMES ar ATOMBUMBĀM –
SARUNA ar PROJEKTA ORION VADĪTĀJU**
- ★ **ASOCIĀCIJAI FOTONIKA-LV 5 GADI**
- ★ **PILNS MĒNESS APTUMSUMS 28. SEPTEMBRĪ**
- ★ ***Pielikumā: ASTRONOMISKAIS KALENDĀRS 2016***

HISTORY OF THE UNIVERSE



Visuma vēsture no Lielā Sprādziena līdz mūsdienām (13.8 mljrd. gadu laikā): Visuma struktūras attīstība no kvarkiem līdz galaktikām un melnajiem caurumiem; t – laiks (sekundēs, gados), E – fotonu enerģija (gigaelektronvoltos $\text{GeV} = 10^9 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-10} \text{ J}$).

Sk. Švarcs K. Visuma struktūra: zvaigznes, galaktikas un galaktiku kopas.

Vāku 1. lpp.: 1. att. Ar Eiropas Dienvidobservatorijas ESO ļoti lielo teleskopu VLT Čīlē uzverts Medūzas miglāja attēls – detalizētākais, kāds jebkad iegūts. Tā kā zvaigzne šī miglāja vidienē gatavojās pārejai savā beigu stadijā, tā nometusi savus ārējos slāņus izplatījumā, izveidojot šo krāsaino mākonī. Taču Medūzas miglāja zvaigžņu kodols nav spoža zvaigzne šī attēla centrā – tā ir priekšplāna zvaigzne TYC 776-1339-1 (Tycho Catalogue). Medūzas centrālā zvaigzne ir blāvāka zilgana zvaigzne, kas atrodas tieši ārpus pusmēness aprīses centra un ir attēla labajā pusē. Šis attēls vēsti par Saules likteni, kas galu galā arī taps par šāda veida objektu.

Sk. Pundure I. Briesmones Medūzas skaistais miglājs.

ESO attēls

ZVAIŽNOTĀ DEBESS

LATVIJAS ZINĀTŅU AKADĒMIJAS,
LATVIJAS UNIVERSITĀTES
ASTRONOMIJAS INSTITŪTA

POPULĀRZINĀTNISKS
GADALAIKU IZDEVUMS

IZNĀK KOPŠ 1958. GADA RUDENS
ĀSTRAS REIZES GADĀ

2015. GADA RUDENS (229)



Redakcijas kolēģija:

LZA kor. loc. *Dr. hab. math. A. Andžāns*
(atbild. redaktors), LZA *Dr. astron. b. c.*
Dr. phys. A. Alksnis, K. Bērziņš,
Dr. sc. comp. M. Gills (atb. red. vietn.),
Pb. D. J. Jaunbergs, Dr. phil. R. Kūlis,
I. Pundure (atbild. sekretāre),
Dr. paed. I. Vilks

Tālrunis 67 034 581

E-pasts: astra@latnet.lv
www.astr.lu.lv/zvd
www.lu.lv/zvd

Digitālais arhīvs: <http://ejuz.lu/zvd>



Mācību grāmata
Rīga, 2015

SATURS

Pirms 40 gadiem «Zvaigžnotajā debesī»

Gravitācijas manevrs starpplanētu lidojumos.
«Mariner-10» trešo reizi pie Merkura.

Apspriede «Slēptā masa Visumā».....2

Zinātnes ritums

Kurts Švarcs. Visuma struktūra: zvaigznes,
galaktikas un galaktiku kopas.....3
Dmitrijs Docenko. Hokinga starojums.....10

ESO Kosmiskie dārgumi

Irena Pundure. Briesmones Medūzas
skaistais miglājs.....15

Kosmosa pētniecība un apgūšana

Jānis Jaunbergs. Plutona lielā diena.....17

Kosmiskās tehnoloģijas praksē

Oļģerts Dumbrājs. Milimetru elektromagnētiskie
viļņi cīņā pret terorismu.....23

Apspriedes un sanāksmes

Aigars Atvars. Asociācijas FOTONIKA-LV
piecu gadu jubilejas konference.....25

Atskatoties pagātnē

Kurts Švarcs. Einšteina Vispārīgās relativitātes
teorijas simtgade.....28
Raitis Misa. Projekts Orion – bum, bum, bum
kosmosā.....29
Andrejs Alksnis. Ceļi tuvi – ceļi tāli (2.turpin.).....37

Skolu jaunatnei

Māris Krastiņš. Latvijas 43. atklātā skolēnu
astronomijas olimpiāde.....40
Maruta Avotiņa. Latvijas 65. matemātikas
olimpiādes uzdevumu atrisinājumi.....45

Grāmatas

Jānis Balodis. Pāršķirstot Jāņa Klētnieka grāmatu
“Astronomija un ģeodēzija Latvijā līdz 20.
gadsimtam” (turpinājums).....51

Kosmosa tēma mākslā

Jevgeņijs Limanskis, Andrejs Limanskis.
Astronomija filatēlijā pēc SAG 2009:
2010-2013 (nobeigums).....55
Juris Kauliņš. **Debess spīdekļi** 2015. gada rudenī...58

Pielikumā: **Astronomiskais kalendārs 2016**

(Sastādītājs *Juris Kauliņš*)

PIRMS 40 GADIEM ZVAIGŽNOTAJĀ DEBESĪ

GRAVITĀCIJAS MANEVRS STARPPLANĒTU LIDOJUMOS

Pēdējos gados gan teorētiskos pētījumos par starpplanētu lidojumiem, gan ziņojumos par jau notiekošiem vai paredzamiem kosmisko aparātu lidojumiem aizvien biežāk tiek pieminēts gravitācijas manevrs – trajektorijas izmaiņšana vēlamajā veidā ar pārlidojamās planētas pievilksanas spēka palīdzību, bez dzinēju lietošanas. Šāds manevrs kļūst par vienu no iedarbīgākajiem līdzekļiem starpplanētu lidojumu efektivitātes palielināšanai un to izmaksas samazināšanai. Gravitācijas manevra idejas realizāciju var atrast dabā: astronomiem jau kopš 18. gs. zināmi gadījumi, kad komētas pēc ciešas tuvošanās Jupiteram mainījušas savas orbītas: dažreiz orbīta no eliptiskas kļuvusi par hiperbolisku un komēta uz visiem laikiem atstājusi Saules sistēmu, citreiz elipses lielā pusass stipri samazinājusies un komēta no ilgperiodiskas kļuvusi par īsperiodisku. Cilvēka darinātam kosmiskajam aparātam, kustoties pa atbilstoši izvēlētu trajektoriju, atliek tikai vajadzības gadījumā to pirms pārlidojuma pielabot ar korekcijas dzinēja palīdzību, lai planētas gravitācijas lauks šo trajektoriju vēlamajā veidā pārmainītu. Šādu gravitācijas manevru, kad dzinējs tikai palīdz kosmisko aparātu precīzi notēmēt un pārējo veic planētas pievilksanas spēks, sauc par *pasīvu*. Ja dzinēju lieto arī ātruma būtiskai izmaiņai pericentra sasniegšanas brīdī, tad gravitācijas manevru dēvē par *aktīvu*.

(Saisināti pēc E. Mūkina raksta 5.-10. lpp.)

MARINER-10 TREŠO REIZI PIE MERKURA

1975. g. 16. martā (17. – pēc Maskavas laika) amerikāņu kosmiskais aparāts *Mariner-10* trešo reizi tuvojās Merkuram un pārlidoja to tikai 300 km augstumā, kas ļāva iegūt līdz šim visdetalizētākos Merkura virsmas attēlus un jaunu vērtīgu informāciju par planētas vājo magnētisko lauku. *Mariner-10* darbojās gandrīz pusotru gadu paredzētā pusgada vietā, pārlidojot Merkuru katru reizi pa citādu trajektoriju, palielinot iegūtās informācijas daudzpusību. *Mariner-10* deva negaidītu rezultātu: izrādījās, ka Merkuru aptver vājš magnētiskais lauks. Magnētiskā lauka mērījumi nepārprotami parādīja, ka to rada elektrodinamiski procesi Merkura šķidrāajā kodolā, kas acimredzot sastāv galvenokārt no dzelzs.

(Saisināti pēc E. Mūkina raksta 18.-21. lpp.)

APSPRIEDE “SLĒPTĀ MASA VISUMĀ”

1975. g. 28.-30. janvārī PSRS ZA Astronomijas padome kopā ar Igaunijas PSR ZA Astrofizikas un atmosfēras fizikas institūtu Tallinā rikoja Vissavienības apspriedi par slēpto masu Visumā. Apspriede bija veltīta Galaktikas pētījumu padomju skolas dibinātāja P. Parenago (1906-1960) piemiņai, bet tās tematika saistījās ar Visumā slēptās masas problēmas analīzi gan no novērojumu datu, gan no teorētiskās interpretācijas viedokļa. Jautājuma par Visumā izklidētās masas daudzumu pirmsākumi meklējami astrofizikālo (ne astronomisko!) pētījumu vēstures pirmajās lappusēs 18. gs. pēdējos gados, kad V. Heršels atklāja citu galaktiku eksistenci. Sevišķu nozīmību tas ieguva sakarā ar mēģinājumiem izprast Visuma attīstības tendences nākotnē, kad kļūva skaidrs, ka problēmai par Visuma blīvumu ir izšķiroša loma Visuma kosmoloģisko modeļu izvēlē. Aprēķini rāda, ka neredzamā, slēptā masa veido ap 90% no galaktiku sistēmu un kopu masas, bet redzamā – tikai ap 10%. Kādā formā eksistē šī slēptā masa, pagaidām nav noskaidrots. Pašlaik tā parādās tikai ar savu gravitāciju.

(Saisināti pēc A. Balklava raksta 23.-27. lpp.)

KURTS ŠVARCS

VISUMA STRUKTŪRA: ZVAIGZNES, GALAKTIKAS UN GALAKTIKU KOPAS

Saule un zvaigznes jau no cilvēces pirmajiem soļiem bija noslēpumaini baiļu un cerību pilni objekti. Visās senajās civilizācijās bija arī Saules kults. Saules aptumsumi izraisīja bailes, un senie priesteri to izmantoja, lai stiprinātu reliģijas varu un autoritāti.

Zvaigznes jau akmens laikmetā kalpoja orientācijai un palīdzēja *Homo sapiens* apgūt visus kontinentus no Austrālijas un Āzijas līdz Amerikai. Senajās civilizācijās trīstūkstoš gadus pirms Kristus, izmantojot planētu periodisko kustību novērojumus, radās pirmie kalendāri. Tomēr līdz pat renesansei priekšstats par Visuma uzbūvi bija visai miglains. Galilejs 1609. gadā ar paša konstruēto tālskati atklāja Jupitera pavadoņus un mūsu Galaktikas – Piena Ceļa zvaigznes (ZvD, 2014, Vasara, 3.-11. lpp.). Vācu astronoms S. Mariuss (*Simon Marius*, 1573-1622) neatkarīgi no Galileja atklāja četrus Jupitera pavadoņus un 1612. gadā pirmais aprakstīja Andromedas miglāju, kaut gan attālumu līdz galaktikai M31 amerikāņu astronoms H. Kērtiss (*Heber Doust Curtis*, 1872-1942) noteica tikai 1917. gadā. Pirmo zvaigžņu un miglāju katalogu iesāka franču astronoms Š. Mesjē (*Charles Messier*, 1730-1817). Šo darbu ar saviem atklājumiem veicināja vācu izcelsmes angļu astronoms V. Heršels (*William Herschel*, 1738-1822), kas pirmais sāka Piena Ceļa galaktikas zvaigžņu aprakstu un klasifikāciju. Jāņem vērā, ka atsevišķu zvaigžņu novērojumi ir iespējami tikai tuvākās galaktikās un vislabāk izpētīts ir mūsu Piena Ceļš [1]. Visuma izmēri un struktūra kļuva saprotami tikai

divdesmitajā gadsimtā pēc attālumu noteikšanas līdz galaktikām, kosmosa modeļiem Alberta Einšteina teoriju ietvaros un Visuma izplešanās atklāšanas Lielā Sprādziena rezultātā (ZvD, 2012, Pavasaris, 38.-43. lpp.).

Šodien, pateicoties astronomijas sasniegumiem, mēs zinām Visuma vecumu ($13,8 \pm 0,04$ miljardi gadu pēc Planka kosmiskā teleskopa novērojumiem par Visuma izplešanos). Var pat mēģināt aptuveni novērtēt kopējo galaktiku un zvaigžņu skaitu. Visumā ir ap 200 miljardu galaktiku ar aptuveni 10 triljoniem zvaigžņu (10^{22}). Šo skaitu ir grūti iztēloties, ņemot vērā cilvēces vecumu (*Homo sapiens* ~100 000 gadi) un Zemes diametru (12 756 km jeb viena miljardā daļa gaismas gada). Beidzamo gadu desmitu astronomiskie novērojumi atklāja arī Visuma evolūcijas likumsakarības: 1) zvaigznes sāka veidoties jau ap 500 miljoniem gadu pēc Lielā Sprādziena; 2) kosmosa struktūra evolūcijas gaitā palielinājās no atsevišķām zvaigznēm līdz galaktikām, galaktiku kopām un superkopām (*sk. att. vāku 2. lpp.*). Visuma struktūras hierarhiju aplūkosim sīkāk.

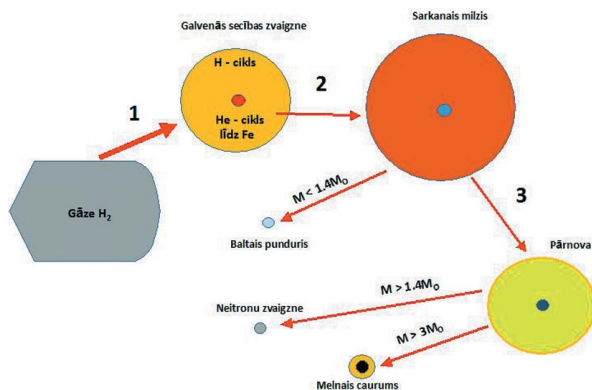
1. Zvaigžņu rašanās un evolūcija

Zvaigznes dzimst, veido savu “dzīvi” un mirstot pārvēršas baltos punduros, neitronu zvaigznēs vai melnos caurumos. Novērojot dažādas zvaigznes Piena Ceļa un tai tuvākajās galaktikās, dāņu astronoms E. Hercsprungs (*Ejnar Hertzsprung*, 1878-1967) un neatkarīgi no viņa amerikāņu astronoms H. Rasels (*Henry Norris Russell*, 1877-1957) pagājušā gadsimta sākumā klasificēja zvaigznes pēc masas, spek-

trālās krāsas un spožuma (Hercšprunga-Rasela diagramma). Pēc šīs diagrammas var novērtēt zvaigznes attīstību – vecumu un tālāko likteni. Novērojumi parāda, ka zvaigznēm ar lielu masu ir īsāks mūžs nekā zvaigznēm ar mazāku masu, un vidējais zvaigžņu mūža ilgums ir 10 līdz 14 miljardi gadu.

Galvenie zvaigžņu evolūcijas etapi zvaigznei ar masu kā mūsu Saulei ($M_{\odot} = 1,99 \times 10^{30}$ kg) parādīti 1. att. Zvaigžņu evolūciju apraksta, izmantojot fizikālo procesu likumsakarības gravitācijas laukā un kodoltermiskās reakcijas, kas ir galvenais zvaigžņu enerģijas avots (ZvD, 2015, Vasara, 3.-12. lpp.). Astronomiskie novērojumi un Hercšprunga-Rasela diagramma dod reālu priekšstatu par zvaigžņu veidošanos un evolūciju. Pirmās zvaigznes ir radušās jau dažus simtus miljonu gadu pēc Liela Sprādziena un turpina rasties galaktikās un galaktiku kopās.

Pirmais etaps zvaigžņu dzimšanas procesā ir ūdeņraža molekulu (H_2) koagulācija gravitācijas laukā, kas iespējama pie kritiskās koncentrācijas 1000 molekulas kubikcentimetrā. Šodienas Visumā ūdeņraža koncentrācija galaktiku un starpgalaktiku miglājos ir dažāda – no viena atoma cm^3 H I tipa miglājos līdz 10^4 jonizētiem atomiem H II tipa miglājos (ZvD, 2013/14, Ziema, 4. lpp.). Jaunas zvaigznes var rasties tikai galaktiku vai starpgalaktiku apgabalos ar pietiekami lielu ūdeņraža molekulu koncentrāciju (*Pundure I.* – ZvD, 2015, Pavasaris, 11.-12. lpp.). Pie kritiskās ūdeņraža koncentrācijas koagulācija notiek lokālā gravitācijas laukā un ilgst miljoniem gadu, kamēr jaunas zvaigznes (protozvaigznes) masa pieaug un gravitācijas lauks palielina spiedienu, blīvumu un temperatūru zvaigznes iekšienē līdz kritiskajai, lai sāktos protonu kodoltermiskās reakcijas (1. att. 1). Kodoltermiskā sintēze var notikt starp protoniem pie temperatūras ap desmit miljoniem kelvinu (ZvD, 2015, Vasara, 5. lpp.). Zvaigžņu rašanās procesā ūdeņraža molekulas pietiekami augstā temperatūrā sadalās atomos (disociē $H_2 \rightarrow H + H$) un, tempe-



1. att. Zvaigžņu evolūcija: **1** – ūdeņraža molekulu agregācija gravitācijas laukā veido zvaigzni; **2** – pēc 10-12 miljardiem gadu ūdeņraža un hēlija atoma kodoli ir izsīkuši un zvaigzne pārvēršas sarkanajā milzī; **3** – sarkanais milzis var pārvērsties baltajā pundurī (blīvums līdz 10^6 g/cm³) vai pārnovā (zvaigznē ar blīvu kodolu un mazāk blīvu apvalku). Pārnova sabrūkot izstaro milzu enerģiju un atkarībā no masas lieluma var pārvērsties neitronu zvaigznē (blīvums līdz 10^{14} g/cm³) vai melnajā caurumā.

ratūrai pieaugot, ūdeņraža atoms zaudē elektronu un pārvēršas protonā un elektronā ($H \rightarrow p + e$). Tā evolūcijas procesā zvaigznes iekšienē izveidojas protonu-elektronu plazma, kas miljardiem gadu nodrošina zvaigznes enerģētiku.

Zvaigžņu evolūcijas procesā protonu-protonu reakcijās rodas ${}^4_2\text{He}$ kodoli, kas dod iespēju jaunām kodoltermiskām reakcijām smagāku elementu kodolu sintēzei. Tas ir iespējams līdz dzelzs elementu kodoliem ${}^{56}\text{Fe}$ (ZvD, 2015, Vasara, 6. att. 5. lpp.). Pēc ķīmiskiem elementiem zvaigžņu emisijas spektrā var novērtēt arī zvaigznes vecumu. Visi ķīmiskie elementi, kas smagāki par ${}^{56}\text{Fe}$, ir radušies daudz vēlāk novu un supernovu eksplozijās.

Zvaigznes rašanās procesā var veidoties arī planētu sistēma, kas līdzīga mūsu Saules sistēmai. Novērojumi liecina, ka Saule un Saules sistēma, ieskaitot Zemi, ir radusies vienlaicīgi, un to vecumu var precīzi noteikt pēc ra-

dioaktīvās datēšanas (~4,6 miljardi gadu). Zvaigžņu vecumu nosaka pēc smagākajiem elementiem to emisijas spektrā – jo vairāk smago elementu, jo vecāka ir zvaigzne.

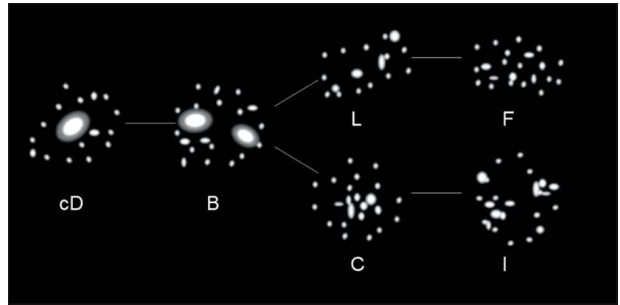
2. Galaktiku veidi

Nesen ar Habla kosmisko teleskopu galaktiku laukā *Abell 2744* (2. att.) atklāja galaktikas, no kurām gaismā līdz mums izplatās vairāk nekā 13 miljardus gadu [2]. Tas nozīmē, ka šīs galaktikas ar miljardiem zvaigžņu ir radušās jau simtiem miljonu gadu pēc Lielā Sprādziena.

Sodien, pateicoties ilggadīgiem astronomiskiem novērojumiem, galaktiku uzbūve un evolūcija ir labi aprakstīta (3. att.). Galaktiku struktūru var novērot tikai tuvākajām galaktikām, kuras no Zemes ir dažu simttūkstošu (Magelāna Mākoņu¹ pundurgalaktikas 4. att.) vai miljonu gaismas gadu attālumā (Andromedas miglājs 5. att.) un kurās izšķiramas



2. att. NASA astrofiziķu grupa nesēn *Abell 2744* galaktiku laukā atklāja galaktikas, kas izveidojušās agrīnā Visumā ~500 miljonu gadu pēc Lielā Sprādziena un no kurām gaismā līdz mums nonāk pēc 13 miljardiem gadu [2].



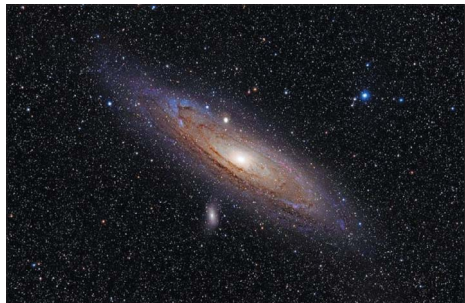
3. att. Galaktiku veidi: **cD** – centrālā galaktika (*Abell 2634* Pegaza zvaigznājā 400 milj. gg. attālumā); **B** – binārā galaktiku kopa (piemēram, divas *cD* galaktikas); **L** – lineāra galaktiku kopa (piemēram, *Abell 426* Perseja zvaigznājā); **C** – c-kopa (no angļu valodas “core” – serde, piemēram, *Abell 1060* Hidras galaktiku kopā 150 miljonu gg. attālumā); **F** – f-kopa (no angļu valodas “flat” – plakans, *Abell 1367* 290 miljonu gg. attālumā); **I** – neregulāra kopa (piemēram, *Bll 2151* Herkulesa zvaigznājā 485 miljonu gg. attālumā).

atsevišķas zvaigznes. Vecākās galaktikas ir eliptiskās, un tajās galvenokārt ir zvaigznes ar mazākām masām, jo smagās zvaigznes jau eksplodējušas un pārvērtušas novās un



4. att. Lielā (LMM *kreisajā pusē*) un Mazā Magelāna Mākoņa (MMM *labajā pusē*) galaktikas debess dienvidu puslodē. LMM 170 000 gg. un MMM 200 000 gg. attālumā no Zemes.

¹ *Alksne Z.* Magelāna Mākoņi tuvplānā. – *ZvD*: 1998, Rudens (161), 5.-12. lpp. <https://dspace.lu.lv/dspace/handle/7/1846>; 1998/99, Ziema (162), 3.-15. lpp.



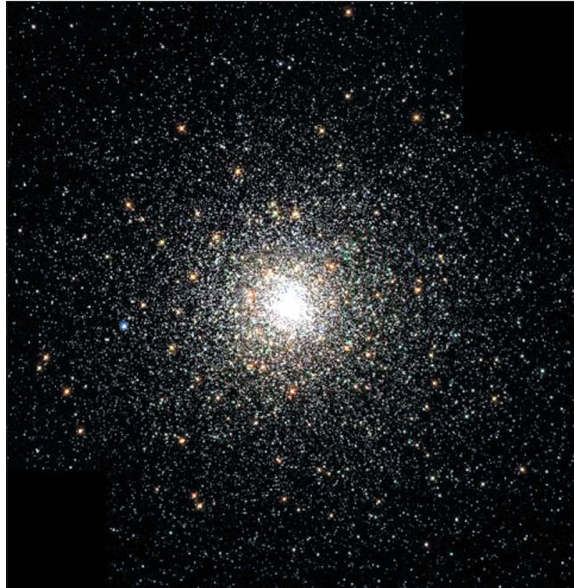
5. att. Spirālveida Andromedas M31 galaktika (2,5 miljonu gg. attālumā) ir tuvākā mūsu Piena Ceļam. Šīs galaktikas veido galaktiku kopu "Lokālā galaktiku grupa". Galaktiku M31 var novērot vizuāli Andromedas zvaigznājā.

pārņovās. Jaunākās galaktikas ir spirālveida, un tajās ar ūdeņradi bagātos kosmiskajos miglājos rodas jaunas zvaigznes lokālajā gravitācijas laukā. Arī mūsu Piena Ceļa galaktika un mums tuvākais Andromedas miglājs ir spirālveida galaktikas.

Vislabāk izpētītā galaktika ir mūsu Piena Ceļš, kas it īpaši tika veikts ar kosmiskajiem teleskopiem. Piena Ceļa galaktikā ir 200 līdz 300 miljardu zvaigžņu. Tās diametrs ir ap 100 tūkstoši gaismas gadu un maksimālais biezums ir 16 tūkstoši gaismas gadu. Galaktikas centrā ir melnais caurums (ar masu ~4,3 miljardi reišu lielāku par Saules masu), un Galaktikas spirālzaros notiek intensīva jauno zvaigžņu veidošanās. Mūsu Saules sistēma atrodas 26 000 gg. no Galaktikas centra. Zvaigznes Piena Ceļa galaktikā nav sadalītas vienmērīgi un veido dažāda izmēra grupas un kopas. Lodveida zvaigžņu kopa Skorpiona zvaigznājā (28 000 gg. attālumā no Saules) redzama 6. att., un tajā ir vairāki simti tūkstošu zvaigžņu. Piena Ceļa vecums ir 13,2 miljardi gadu.

Piena Ceļa galaktika ir Lokālās galaktiku grupas² sastāvā (diametrs 5-8 miljoni gg.).

² Alksne Z., Alksnis A. Lokālā galaktiku grupa. – ZvD, 2006: Pavasaris (191), 3.-11. lpp. <https://dspace.lu.lv/dspace/handle/7/1310>; Vasara (192), 3.-9. lpp. <https://dspace.lu.lv/dspace/handle/7/1309>

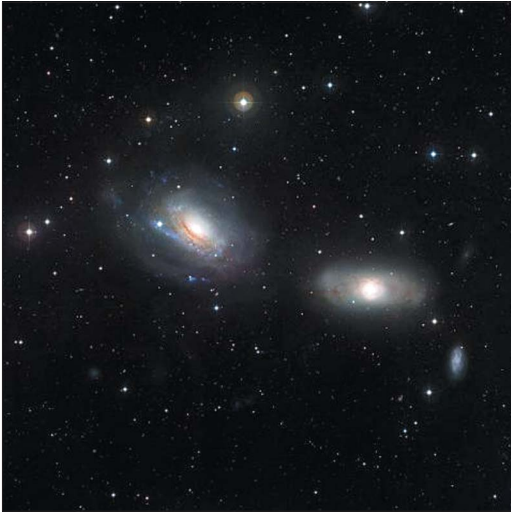


6. att. Lodveida zvaigžņu kopa M 80 Skorpiona zvaigznājā (28 000 gg. attālumā no Zemes).

Šajā grupā ietilpst ap desmit galaktikām, no kurām lielākās ir Piena Ceļš un Andromedas miglājs (5. att.). Galaktiku grupā atsevišķas galaktikas ir mijiedarbībā un ietekmē zvaigžņu evolūcijas procesus. Pēc teorētiskiem aprēķiniem Piena Ceļš un Andromedas miglājs pēc vairākiem miljardiem gadu sadursies, veidojot jaunu galaktiku.

3. Galaktiku kopas

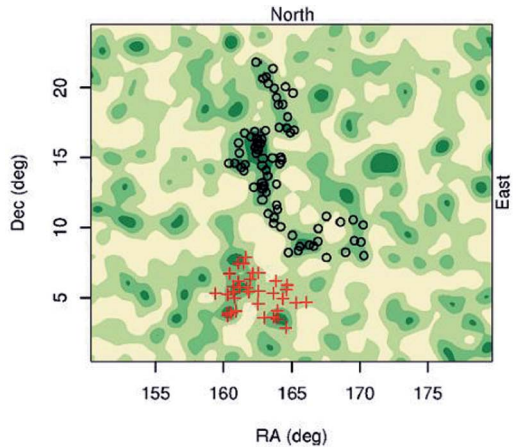
Pirmās galaktikas ir radušās jau drīz pēc Lielā Sprādziena, kad Visums bija daudz homogēnāks un daudz mazāks nekā šodien. Beidzamo gadu desmitu astronomiskie novērojumi, it īpaši ar orbitālajiem teleskopiem, atklāja liela izmēra galaktiku struktūras Visumā. Zvaigznes galaktikās veido kopas, un galaktiku kopas savukārt gravitācijas mijiedarbībā veido Visuma struktūru. Šādu grupu (7. att.) veido arī spirālgalaktikas NGC 3169 un NGC 3166 (attālums no Saules 75 miljoni un starp galaktikām 160 tūkstoši gaismas gadu). Šīs galaktikas kā kosmiskos miglājus jau 1783. gadā novēroja angļu astronoms Heršels. Galaktikā NGC 3169 2003. gadā



7. att. Galaktikas NGC3169 (*pa kreisi*) un NGC3156 (*pa labi*) ir mijiedarbibā, un gravitācijas spēki ietekmē galaktiku formu un struktūru. La Silja observatorijas teleskopa fotogrāfija. NGC3169 ir spirālveida galaktika 75 miljonu gg. attālumā no Zemes [3].

novēroja supernovu. Gravitācijas mijiedarbība iespaido arī šo galaktiku struktūru un evolūciju. Abas galaktikas ietilpst lielākā galaktiku kopā Lauvas zvaigznājā (detalizētāk [3]).

Nesen starptautiskā astronomu grupa Rodžera Klova (*Roger G. Clowes, University of Lancashire, UK*) vadībā atklāja kosmisko superstruktūru – *Huge Large Quasar Group (U1.27)*, kurā ietilpst 73 kvazāri (8. att) [4]. Šis superstruktūras izmēri ir $4 \times 1,5$ miljardi gg., un tā atrodas 9 miljardus gg. no Zemes. Šī kvazāru grupa ir lielākā līdz šim atklātā struktūra Visumā. Superstruktūras masa ir $3,4 \times 10^{18}$ Saules masas, kas ir ~20 miljonu reižu lielāka par Piena Ceļa galaktikas masu. Šis atklājums astrofizikā vidē izraisīja diskusiju par atbilstību kosmoloģiskam principam, pēc kura Visums lielā mērogā ir homogēns un izotropš. Tas nozīmē, ka zvaigžņu un galaktiku sadalījums Visumā lielos attālumos ir vienāds neatkarīgi no virziena.



8. att. Galaktiku kopas U1.27 karte, kas aptver debess sfēru $29^\circ \times 24^\circ$ leņķu apjomā (angliski – *Huge Large Quasar Group* – Milzu lielā kvazāru grupa) [4]. Apli atbilst 73 kvazāriem U1.27 galaktiku kopā ($z=1,27$). Sarkanie krusti atbilst 34 kvazāriem kopā CCLQG ($z=1,28$). U1.27 ir pašreiz lielākā novērotā makrostruktūra Visumā (apjoms ~4 miljardi gg.) 9 miljardus gg. attālumā no Zemes.

4. Masa, tumšā masa un tumšā enerģija

Holandiešu astronoms J. Orts (*Jan Hendrik Oort, 1900-1992*) 1927. gadā novērtēja Piena Ceļa masu ar 100 tūkstoš Saules masām. Pēc viņa aprēķiniem novērotais Piena Ceļa galaktikas biezuma izmērs un blīvums ir mazāks par aprēķināto pēc zvaigžņu gravitācijas. Nedaudz vēlāk 1933. gadā amerikāņu astronoms F. Cvikijs (*Fritz Zwicky, 1898-1974*) aprēķināja, ka Berenikes Matu (*Abell 1656*) galaktiku kopas izmērus (kopā ietilpst vairāk nekā 1000 galaktiku) nevar izskaidrot ar redzamo zvaigžņu gravitāciju, pēc kuras šai galaktiku kopai vajadzētu izklist. Aprēķinātā masas diference bija 400 reižu! Cvikijs izvirzīja domu, ka galaktiku kopā jābūt papildu masai, kuras gravitācija nosaka galaktikas struktūru, bet kura neizstaro gaismu un kuru mēs neredzam. Cvikijs šo neredzamo masu nosauca par tumšo matēriju. Tā laika astronomi šo ideju uzņēma skeptiski, un pa-

gāja vairāki gadu desmiti, līdz šī hipotēze tika apstiprināta.

Tumšās matērijas izpētē svarīgu ieguldījumu deva Vera Rubina (*Vera Cooper Rubin*, 1928*, Karnegi institūts, Vašingtona), kas pagājušā gadsimta otrajā pusē veica sistematiskus novērojumus par zvaigžņu kustību galaktikās un galaktiku kustību, kuru viņa izskaidroja ar tumšo matēriju. Pārliecinošus rezultātus par tumšo matēriju ieguva amerikāņu astronomu grupa no Arizonas universitātes D. Klova (*Douglas Clowe*) vadībā [5], kura, novērojot gravitācijas lēcas, apstiprināja tumšās matērijas eksistenci.

Šodien tumšā matērija pēc gravitācijas efektiem ir novērota visās galaktikās un galaktiku kopās [6]. Tā novērota gan galaktiku centros, gan galaktiku halo un starpgalaktiku miglājos. Tumšā matērija ieiet reliktā starojuma *Lambda CMD* modeli (ZvD, 2014/15, Ziemā, 6. lpp), un pēc Planka kosmiskā teleskopa mērījumiem un *ECMD* modeļa šodienas Visumā ir 26,8% tumšās matērijas un tikai 4,9% – atomi zvaigznēs un kosmiskajos miglājos (starpība ir piecas reizes!), pie kam miglājos summārā udeņraža koncentrācija ir lielāka nekā zvaigznēs! Tumšā matērija nav mijiedarbībā ar elektromagnētiskiem viļņiem, un to var novērot tikai pēc gravitācijas efektiem.

Vēl sarežģītāka kosmoloģijā ir tumšā enerģija, ar kuru izskaidro Visuma paātrinātu izplešanos. Lai aprakstītu tumšo enerģiju, jāatgriežas pie A. Einšteina [7] un A. Fridmana [8] darbiem. Einšteins savu kosmoloģisko modeli aprakstīja 1917. gadā kā homogēnu, izotropu un statisku [7]. Lai vispārīgās relativitātes teorijas ietvaros aprakstītu statisku Visumu, Einšteins līdzās gravitācijai ieviesa arī jēdzienu par antigravitāciju, kas darbojas pretēji gravitācijai un atgrūž masas vienu no otras. Lai izskaidrotu statisko Visumu, Einšteina vienādojumos ieviesa kosmoloģisko konstanti Λ (pēc Visuma izplešanās atklāšanas Einšteins to nožēloja).

Piecus gadus pēc Einšteina publikācijas krievu fiziķis Aleksandrs Fridmans (ZvD,

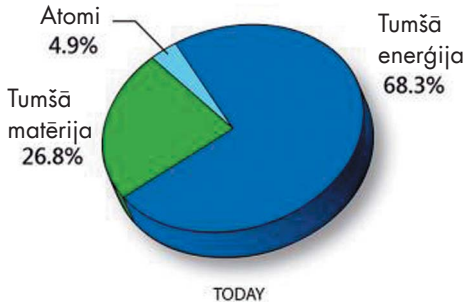
2014 Vasara, 7. lpp.) publicēja vispārīgu kosmosa vienādojumu risinājumu, pēc kuriem gravitācijai un antigravitācijai nav obligāti jābūt līdzsvarā un Visums var izplesties. Fridmana publikāciju laikā vēl nebija publicēti Habla novērojumi par sarkano nobīdi, kas parādīja, ka Visums ir nestacionārs un izplešas. Uz šiem novērojumiem arī balstās kosmosa standartmodelis Λ CDM ar pozitīvu kosmisko konstanti Λ (ZvD, 2014, Vasara, 3.-11. lpp.).

Pagājušā gadsimta beigās bija uzkrāti daudzi novērojumi par sarkano nobīdi, aptverot arvien tālākas galaktikas. Tas bija iespējams ar kosmiskajiem teleskopiem un labākajiem teleskopiem uz Zemes. Novērojumi parādīja, ka tālās galaktikas, kas radušās 5-7 miljardus gadu pēc Lielā Sprādziena, no mums attālinās paātrināti. Par šo atklājumu astronomiem S. Perlmutteram, B. Šmidtam un A. Rišam 2011. gadā piešķīra Nobela prēmiju (*Docenko D.* – ZvD 2012, Pavasaris, 18.-23. lpp.). Šie atklājumi stimulēja analīzi par antigravitāciju un tumšo enerģiju.

Tumšās enerģijas jēdzienu 1998. gadā ieviesa amerikāņu teorētiķis M. Terners (*Michael S. Turner*, 1949*, Čikāgas universitāte), lai izskaidrotu gan Visuma izplešanos, gan arī Λ CMD modeli. Tā kā Visuma paātrinātā izplešanās sākās tikai miljardiem gadu pēc Lielā Sprādziena, tā sākotnējā Visuma evolūcijas stadijā neeksistēja. Tumšo enerģiju saista ar kosmisko konstanti, un šīs enerģijas daudzums Visuma evolūcijas procesā mainījās un zināmā etapā pārsniedza gravitāciju, nodrošinot paātrinātu Visuma ekspansiju (detalizētāk [9]). Pēc Planka kosmiskā teleskopa mērījumiem tumšajai enerģijai atbilstošā masa (pēc Einšteina formulas $E=mc^2$) šodienas Visumā ir 68,3% (*9. att.*) [10].

Neraugoties uz tumšās matērijas novērojumiem gravitācijas efektos, mēs šodien nezinām, kas tumšā matērija ir un no kādām elementārdaļiņām tā sastāv. Problēma ir mazliet līdzīga Lielā Sprādziena hipotēzei, kur mēs nezinām, kas bija singularitāte pirms 13,8

miljardiem gadu un kāpēc tā notika. Atšķirībā no Lielā Sprādziena hipotēzes mēs tumšo matēriju varam novērot un kvantitatīvi novērtēt pēc gravitācijas efektiem. Par iespējamo tumšās matērijas dabu eksistē dažādi kodolfizikas minējumi, kuriem pagaidām nav apstiprinājumu (sk. [6, 7]). To pašu var attiecināt arī uz tumšo enerģiju. Kosmoloģijā tumšā enerģija tiek interpretēta kā antigravitācija, un to var kvantitatīvi novērtēt pēc ekvivalentās masas (9. att.). Neraugoties uz šo interpretāciju, nekāds zināms par šīs enerģijas fizikālo dabu. Tumšā enerģija un tumšā masa ir vienas no svarīgākajām neatrisinātajām fizikas problēmām.



9. att. Masa, tumšā matērija un tumšā enerģija šodienas Visumā Λ CMD modeļa ietvaros (pēc Planka kosmiskā teleskopa mērījumiem) [10].

Ja fizikā kaut ko neizprot, tad rodas jaunas teorijas un jaunas parādību interpretācijas. Tā bija ar Fraunhoferu līnijām Saules spektrā, kuras atklāšanas brīdī neizprata un kuras pēc Kirhofa un Bunzena spektrālānālizē atklāja zvaigžņu un kosmisko miglāju ķīmisko sastāvu (ZvD, 2014 Vasara, 3.-11. lpp.). Arī Maikelsona eksperiments, kas pierādīja konstanto gaismas ātrumu, nebija saprotams un noveda pie Alberta Einšteina spe-

ciālās relativitātes teorijas, kas radikāli mainīja mūsu uzskatus par apkārtējo pasauli. Arī tumšā matērija un tumšā enerģija gaida detalizētu izskaidrojumu.

Papildliteratūra

- [1] Žagars J., Vilks I. *Astronomija augstskolām*. – LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 2005.
- [2] Chou, Felecia; Weaver, Donna (16 October 2014). "RELEASE 14-283 – NASA's Hubble Finds Extremely Distant Galaxy through Cosmic Magnifying Glass". – NASA. Retrieved 17 October 2014.
- [3] Sil'chenko O. K., Afanasiev V. I. Central regions of the early-type galaxies in the NGC 3169 group. – *Astronomy Letters*, **32** (8), 534-544 (2006).
- [4] Clowes R. G., Harris K. A., Raghunathan S., Campusano L. E., Söchling I. K., Graham M. J. A structure in the early Universe at $z \sim 1.3$ that exceeds the homogeneity scale of R-W concordance cosmology. – *Monthly Notices Royal Astronom. Society*, **429** (2013), 2910-2916.
- [5] Clowe D. et al. A Direct Empirical Proof of the Existence of Dark Matter. – *The Astrophysical Journal Letters*, 648, 2006, L109-L113; doi: 10.1086/508162. ISSN 0004-637x
- [6] Pretzl K. In search of the Dark Matter in the Universe. – *Spatium No 7*, May 2001, pp. 2-15.
- [7] Einstein A. Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie. – *Preussische Akademie der Wissenschaften, Berichte* (1917), 142-152.
- [8] Fridman A. A. Über die Krümmung des Raumes. – *Zs. Phys.*, Bd. 10, H. 6, 1922.
- [9] Chernin A. D. Dark energy and universal anti-gravitation. – *UFN*, 2008, Vol. 178, No. 3, p. 267-300.
- [10] Enßlin T., Weller J. Weltraumteleskop Planck: erste Ergebnisse. – März 2013. 🐼

Abonē «ZVAIGŽŅOTO DEBESI»! Abonēt lētāk nekā pirkt! Uzziņas 67 325 322

HOKINGA STAROJUMS

Tas sākās kā spēle analogijā¹.

Pēc tam, kad Hokings 1970. gadā definēja melnā cauruma absolūto horizontu² un pierādīja, ka tā laukums var laikā tikai pieaugt, Bekenšteins (*Jacob Bekenstein*) ierudzīja šā rezultāta analogiju ar otro termodinamikas likumu par to, ka entropija (nekārtības, haosa mērs) noslēgtā sistēmā var tikai pieaugt, un postulēja, ka melnajam caurumam ir entropija, kas ir proporcionāla absolūtā horizonta laukumam. Neviena to neuzņēma nopietni – tādu analogiju skaits fizikā ir milzīgs.

Sava uzskata pamatošanai Dž. Bekenšteins izmantoja šādu spriedumu. Melnie caurumi A. Einšteina Vispārīgās relativitātes teorijas (VRT) ietvaros tiek pilnīgi aprakstīti ar trim parametriem – masu M , elektrisko lādiņu Q un leņķisko momentu (rotācijas daudzumu) J . Efektīvi, melnā cauruma entropija ir tuva nullei. Taču, ja noslēgtās sistēmas kāda daļa (kopā ar savu entropiju) iekrīt melnajā caurumā, kas arī atrodas šajā sistēmā, tā atpakaļ jau neatgriezīsies. Tādējādi sistēmas entropija samazināsies uz tās entropijas rēķina, kas bija sistēmas daļai, kura iekrita melnajā caurumā. Tas ir nepieļaujami, un, kā minēts augstāk, tika postulēts, ka melnajam caurumam ir sava entropija, kas arī nesamazinās laikā un proporcionāla tā absolūtā horizonta laukumam.

¹ Plašākam vēsturiskam ieskatam sk. Kipa Torņa (*Kip Thorne*) grāmatu *Black Holes and Time Warps: Einstein's Outrageous Legacy* (1994).

² Melnais caurums ir telpas apgabals ap punkta veida masu, kas ir ierobežots ar notikumu horizontu. Bieži vien par melnā cauruma robežu pieņem absolūto horizontu: neviens objekts, pat gaisma, no tā iekšienes nekad neaizskries prom no melnā cauruma.

Pēc diviem gadiem B. Kārters, S. Hokings un Dž. Bardsins (*Brandon Carter, Stephen Hawking, James Bardeen*) formulēja "melnā cauruma mehānikas" likumus³ un secināja, ka šie likumi tik tiešām ir pilnīgi analogiski termodinamikas likumiem. Šajā analogijā horizonta laukums spēlē entropijas lomu, bet gravitācijas paātrinājums uz horizonta virsmas⁴ spēlē temperatūras lomu.

Taču pats jēdziens "temperatūra" nozīmē, ka kaut kas tiek izstarots (lai būtu spēkā vēl viena no termodinamikas aksiomām, ka, saturoties ķermeņiem ar dažādu temperatūru, to temperatūra pakāpeniski izlīdzinās). Un pat Dž. Bekenšteins nenoliedza, ka melnie caurumi saskaņā ar VRT neko izstarot nevar, tātad to temperatūrai ir jābūt nullei un analogija ar termodinamiku ir tikai analogija bez fizikālas jēgas.

Neatkarīgi no viņiem J. Zelđovičs (*Яков Борисович Зельдович*) 1971. gadā spēra citu svarīgu soli. Izmantojot analogiju starp gravitācijas lauku un elektromagnētisko lauku, viņš piedāvāja mehānismu, saskaņā ar kuru rotējošam melnajam caurumam ir jāstaro, jo tā rotācijas enerģija pārvērš fizikālā vakuuma virtuālās daļiņas reālajās. Šī ideja bija tik acīmredzamā pretrunā ar VRT, ka neviens no vadošiem melno caurumu pētniekiem Zelđoviča rakstam lielu uzmanību nepievērsa, taču daudz vēlāk, 1974. gadā,

³ *Bardeen J. M., Carter B., and Hawking S. W.* The four laws of black hole mechanics. – *Communications in Mathematical Physics*, Volume 31, Number 2 (1973), 161-170.

⁴ Gravitācijas paātrinājums uz melnā cauruma horizonta tiecas uz bezgalību (ja to aprēķina atskaites sistēmā, kas ir saistīta ar tālo novērotāju), tāpēc tiek izmantots tā reizinājums ar relatīvo laika gaitas ātrumu, kas tiecas uz nulli.

V. Unrū (*William Unruh*) un D. Peidžs (*Don Page*) ar dažādām metodēm parādīja, ka J. Zeļdovičam ir taisnība un ka rotējošam melnam caurumam ir jāizstaro enerģija. Šis starojums bremsēs melnā cauruma rotāciju un izzudīs, kad melnais caurums pārstās rotēt.

Atgriezīsimies 1973. gadā, kad Hokings viesojās Maskavā. Šajā vizītē viņš aprunājās ar J. Zeļdoviču un viņa studentu A. Starobinski (*Алексей Александрович Старобинский*), kas turpināja izvērst rotējošā melnā cauruma starojuma ideju. Starojošā melnā cauruma ideja šķita neiespējama un interesanta, un Hokings arī sāka pētīt šo jautājumu. Nedaudz vēlāk par V. Unrū un D. Peidžu viņš publicēja rakstu, kurā arī parādīja, ka rotējošam melnam caurumam ir jāstaro. Bet, saskaņā ar Hokinga aprēķiniem, šis starojums aiznes ne tikai melnā cauruma rotācijas enerģiju, bet arī masu. Saskaņā ar Hokingu, būtu jāstaro arī nerotējošam melnajam caurumam, un tieši šis starojums vēlāk arī tika nosaukts par *Hokinga starojumu*.

Beigu beigās analogija izrādījās pareiza: Hokinga starojuma temperatūra ir proporcionāla melnā cauruma gravitācijas paātrinājumam uz tā horizonta.

Mēģināsim izsekot Hokinga idejai un izmantot dažādas analogijas, lai saprastu šā starojuma mehānismu.

HOKINGA STAROJUMA MEHĀNISMA INTERPRETĀCIJAS⁵

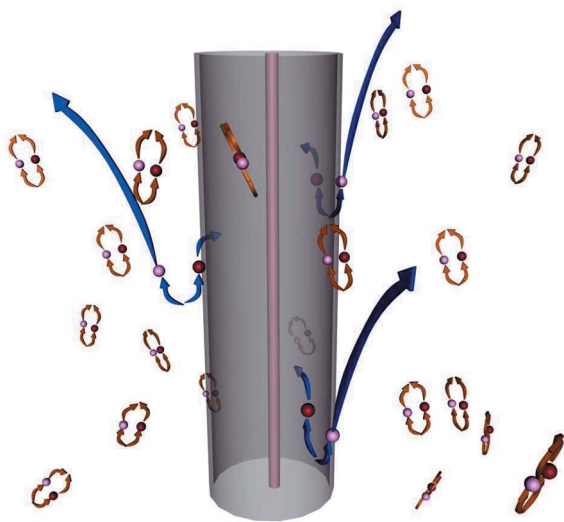
1. Heizenberga nenoteiktības princips. Kvantu teorijā daļiņas koordinātas un ātrums nav definēti vienlaicīgi. Var teikt: ja kvantu daļiņai ir noteikta pozīcija, tad tā kustas visos virzienos ar visiem iespējamiem ātrumiem. Melnā cauruma gadījumā tieši tā

arī ir – mēs zinām, ka daļiņas atrodas iekšpus notikumu horizonta. Tātad ātrums tām nav definēts un pastāv (kaut arī niecīga) varbūtība, ka daļiņas ātrums pārsniegs gaismas ātrumu un daļiņa izlidos no melnā cauruma. Jo mazāks ir melnā cauruma izmērs, jo intensīvāks būs šis daļiņu "starojums", tāpēc ka mazāka nenoteiktība koordinātās ienesīs lielāku nenoteiktību ātrumā. Starojuma intensitāte būs jo lielāka arī tāpēc, ka, izraužoties no mazāka melnā cauruma, daļiņai ir jālido mazāks attālums ar lielu ātrumu, kas arī veicina daļiņu plūsmu uz ārpusi.

2. Virtuālo daļiņu pārvēršana reālajās. Var iedomāties fizikālo vakuumu kā "kvantu jūru", kurā nepārtraukti rodas un momentāni izzūd (anihilē) daļiņu–antidaļiņu pāri. Tuvu melnā cauruma horizontam tā ārpusē viena daļiņa no pāra (piemēram, antidaļiņa) var nonākt zem tā horizonta, bet otrā (atbilstoši – daļiņa) aizlidot prom. Tādā veidā attāls novērotājs redz, ka no melnā cauruma lido daļiņa, kura līdz šim nepastāvēja: melnais caurums pārvērs šis tā sauktās virtuālās daļiņas reālajās. Kaut arī melnais caurums pats ir ieguvis enerģiju no "apēstās" (anti)daļiņas, īstenībā tā enerģija samazinājās, jo tieši uz tā gravitācijas lauka enerģijas rēķina abas šis daļiņas tika radītas. Parastajā telpā šāds efekts nenotiek, jo daļiņas vienmēr anihilē, "jūtot" viena otru. Taču, ja viena no daļiņām atrodas zem notikumu horizonta, tad otra to nejut un var aizlidot projām (*sk. 1. att.*). Šis uzskats par melnā cauruma starojumu ir ekvivalents pirmajam, jo antidaļiņa ir ekvivalenta daļiņai, kas lido atpakaļ laikā (jeb ar ātrumu, kas ir lielāks par gaismas ātrumu).

3. Daļiņu–viļņu duālisms. Izmantojot daļiņu–viļņu duālismu, daļiņas var iztēloties kā viļņus ar viļņa garumu, kas ir apgriezti proporcionāls daļiņas impulsam. Tad daļiņas ar viļņa garumu, kas lielāks nekā melnā cauruma izmērs, melnajā caurumā ilgi neuzkavēsies un lidos projām. Un atkal, jo mazāks ir melnais caurums, jo vairāk daļiņu lidos no

⁵ Šajā nodaļā izmantots teksts no raksta *Docenka D. Kultūra, kosmoloģija un gravitācija. – ZvD, 2002, Pavasaris (175), 36. lpp. <https://dspace.lu.lv/dspace/handle/7/1406>*



1. att. Hokinga starojums rodas, kad viena no daļiņu-antidaļiņu pāra iekrīt zem melnā cauruma horizonta, bet otra aizlido prom. Šai zīmējumā laika ass ir vērsta uz augšu un ir attēlotas tikai divas telpas dimensijas, tāpēc melnais caurums izskatās kā cilindrs. *Autors: Ulf Leonhardt*

tā prom. Viegli saprotams, ka raksturīgā daļiņu enerģija ir lielāka mazākam melnajam caurumam. Tas izriet no fakta, ka tad daļiņu raksturīgais viļņa garums būs mazāks, kas atbilst lielākam daļiņu ātrumam (jeb bezmasas daļiņām – daļiņu enerģijai) un augstākai temperatūrai.

No šiem spriedumiem var nojaust, ka melnajam caurumam ir jāstaro, turklāt, jo tas ir mazāks, jo intensīvāk (no kvantitatīviem aprēķiniem izriet, ka starojuma temperatūra T ir apgriezti proporcionāla melnā cauruma masai M un ka starojuma jauda P ir apgriezti proporcionāla M^2). Tieši šo starojumu sauc par Hokinga starojumu.

Ir jāpiezīmē, ka Hokinga starojums ir pārāk vājš, lai to tieši novērotu no reālajiem astronomiskiem melnajiem caurumiem, kas veidojas zvaigžņu evolūcijas beigās vai atrodas galaktiku kodolos. Pat Saules masas ($2 \cdot 10^{30}$ kg) melnā cauruma Hokinga staroju-

ma temperatūra ir $6 \cdot 10^{-8}$ K, t.i., neievērojami maza⁶.

PIRMATNĒJIE MELNIE CAURUMI

Izstarojot pēc Hokinga mehānisma, melnā cauruma enerģija un masa samazinās laikā, pie tam arvien ātrāk. Neliela melnā cauruma iztvaikošanas beigu posms ir līdzīgs sprādzienam: pēdējā savas dzīves sekundē melnais caurums pārvērš enerģijā 228 tonnas, izdalot milzīgus $2 \cdot 10^{22}$ J. Taisnības labad ir jāpasaka, ka enerģija, ko katru sekundi izdala Saule, ir ap 20 tūkstoš reizi lielāka.

Šis beigu sprādziens ir vienīgais ceļš, kā mūsdienās varētu tieši pierādīt Hokinga starojuma eksistenci (par netiešiem pierādījumiem sk. zemāk). Diemžēl melnā cauruma iztvaikošanas laiks (gadījumā, ja tajā nekas nekrīt iekšā) ātri pieaug ar tā masu (ir proporcionāls masai kubā) un jau Saules masas melnajam caurumam sastāda $2 \cdot 10^{67}$ gadu, kas ir nesaļidzināmi ilgāk par Visuma vecumu.

Tāpēc jau īsi pēc Hokinga starojuma paredzēšanas astrofizikā sāka pētīt, vai Visumā varētu izveidoties un eksistēt nelielas masas melnie caurumi (lai iztvaikotu dažu miljardu gadu laikā, melnā cauruma sākotnējai masai ir jābūt ap 10^{11} kg).

Pagaidām vienīgais atrastais variants ir tā sauktie **pirmatnējie melnie caurumi**, kas varētu rasties agrīnā Visumā stipro blīvuma fluktuāciju rezultātā. Šī tēma tiek pētīta jau kopš 1970. gadiem, un pagaidām liekas, ka šis melno caurumu tips diez vai Visumā eksistē.

To izsecina no šā sprieduma. Visas struktūras Visumā izveidojās no sākumā nelielām blīvuma fluktuācijām pēc kosmoloģiskās inflācijas perioda. Šo fluktuāciju raksturlielumi (amplitūdas un izmēra sadalījums) ir atkarīgi

⁶ Tā kā šī temperatūra ir mazāka nekā reliktā starojuma temperatūra 2,7 K, tad melnais caurums zaudē mazāk enerģijas ar Hokinga starojumu, nekā tas iegūst enerģiju no reliktā starojuma, kas krīt uz tā.

no inflācijas perioda dinamikas, tas ir, no tā, cik ātri notika kosmoloģiskā inflācija, cik ilgi tā turpinājās un cik ātri izbeidzās. Dažos inflācijas modeļos blīvuma fluktuācijas ir tik stipras, ka inflācijas beigās tie ātri izveido pirmatnējos melnos caurumus.

Taču šajos teorētiskajos modeļos ir grūti panākt, lai šie objekti paliktu izolēti un uz tiem nekristu apkārt esošā viela (tad to masa ātri aug un iztvaikošanas laiks kļūst pārāk garš). Liels masīvo melno caurumu skaits, ko paredz šie modeļi, ir pretrunā ar novērojumiem.

Pēdējos gados dažādu masu pirmatnējie melnie caurumi tika aktīvi pētīti kā tumšās matērijas iespējams izskaidrojums. Keplera teleskops, kas novēro gravitācijas lēcošanas efektus, 2013. gadā noteica, ka par Mēness masu lielāku pirmatnējo melno caurumu daudzumu ir neievērojami mazs⁷. Nedaudz vēlāk, 2014. gadā, tika izpētīta⁸ nelielo melno caurumu ietekme uz neitronzvaigznēm un parādīts, ka to sadursme ar neitronzvaigzni novestu pie neitronzvaigznes sabrukšanas (šajā gadījumā neliela daļa no neitronzvaigznes tiek iesūkta melnajā caurumā, kā rezultātā izdalās tik daudz enerģijas, ka neitronzvaigzne uzsprāgst). No novērotā neitronzvaigžņu skaita un to salīdzinājuma ar teorijas paredzējumiem tiek izsecināts, ka šādas sadursmes ir ļoti retas un pirmatnējie melnie caurumi nevar veidot arī ievērojamu tumšās matērijas daļu.

MELNO CAURUMU PALIEKAS

Ar melnajiem caurumiem ir saistīta vēl viena modernās fizikas problēma – tā sauk-

⁷ Griest K., Cieplak A. M., and Lehner M. J. New Limits on Primordial Black Hole Dark Matter from an Analysis of Kepler Source Microlensing Data. – *Phys. Rev. Lett.* **111**, 181302 (2013).

⁸ Pani P. and Loeb A. Tidal capture of a primordial black hole by a neutron star: implications for constraints on dark matter. – *JCAP*, **06**, 026 (2014).

tais informācijas paradokss. No kvantu fizikas vienādojumiem izriet, ka kvantu sistēmas stāvoklis jebkurā laika momentā ir viennozīmīgi noteikts ar tās sākumstāvokli, ko parasti populāri izsaka kā “kvantu informācija tiek saglabāta”. Taču Hokings savā 1975. gada rakstā parādīja, ka viņa vārdā nosauktais starojums ir nejaušs, tātad “informācija”, kas iekļūst melnajā caurumā, tiek pazaudēta⁹.

Lai atrisinātu (precīzāk, apietu) informācijas paradoksu, 1976. gadā Hokings piedāvāja ideju, ka melnie caurumi iztvaikojot neizūd līdz galam. Pēc iztvaikošanas procesa beigām atliek neliela “palieka” ar Planka masu (10^{-5} g) un Planka izmēru (10^{-43} m), kurā glabājas visa “kvantu informācija”.

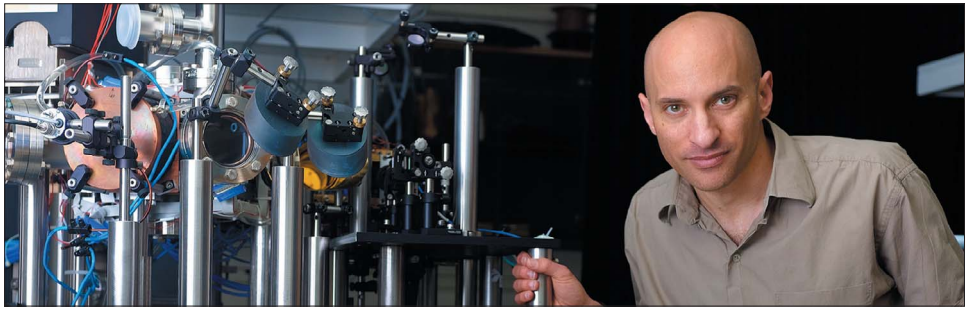
Šīs paliekas formāli arī ir uzskatāmas par melnajiem caurumiem, bet tiemniecīgā izmēra un milzīgās Hokinga starojuma temperatūras dēļ (ap Planka temperatūru, 10^{33} K) ir ļoti neparastas īpašības. Mazā izmēra dēļ tie iziet caur vielu, ar to īsti nemijiedarbojoties. Un, pat ja tie iesūc sevi kaut kādu īstu elementārdaļiņu (piemēram, elektronu vai kvarku), tad nekavējoties izstaro tās miera enerģiju atpakaļ kā Hokinga starojumu.

No ārpuses tas izskatās, it kā elementārdaļiņas spontāni sadalītos, tāpēc šādu palieku daudzumu varētu novērtēt no protona dzīves ilguma mērījumiem, bet pagaidām protonu sabrukšana nav novērota.

HOKINGA STAROJUMA ANALOGU NOVĒROJUMI

Kā minēts iepriekš, tiešs Hokinga starojuma novērojums mūsdienās nav iespējams. Taču laboratorijās ir iespējams uzbūvēt fizi-

⁹ Ir jāpiemin, ka 2004. gadā Hokings mainīja savu viedokli un arī publicēja rakstu, ka melno caurumu starojums nav pretrunā ar informācijas saglabāšanu (Information Loss in Black Holes. – *Phys. Rev. D* **72**, 084013 (2005)), bet viņa viedoklis vēl nav vispārēji pieņemts.



2. att. Prof. Dž. Štainauers ar savu eksperimentālo iekārtu.

Avots: Technion

kālās sistēmas, kas imitētu melnā cauruma apkārtni, un pārbaudīt, vai šajā sistēmā notiek starojums no horizonta imitācijas¹⁰.

Izmantojot analogiju starp gaismu un skaņu, var imitēt melnā cauruma horizontu ar plūsmu, kuras kustības ātrums mainās no zemaskaņas uz virsskaņas. Šo analogiju izmantoja Džefs Štainauers (*Jeff Steinhauer*) no Izraēlas Tehnoloģiskā institūta (*Technion*), sk. 2. att. Savā eksperimentā¹¹ viņš atdzesēja rubidija atomus līdz temperatūrai ap 1 nK, lai tie izveidotu Bozē-Eiņšteinu kondensātu, tas ir, makroskopisko objektu ar kvantu īpašībām. Šis kondensāts tika paātrināts līdz virsskaņas ātrumam, un tajā tika reģistrēti stāvviļņi, kuri tika interpretēti kā Hokinga starojuma analogs.

Grupa no Vankūveras universitātes (Kanāda) savos pētījumos¹² izmanto citu analogiju. Viņu eksperimentos (sk. 3. att.), kuros līdzdarbojas arī melno caurumu pētījumu klasiķis



3. att. Eksperimentālās iekārtas gals, kur ar sarkano krāsvielu krāsots ūdens iztek no plūsmas, kas imitē melnā cauruma horizontu. Krāsvielu tiek izmantota, lai labāk mēritu virsmas formu.

Avots: Kvantu gravitācijas laboratorija, Nofingemas universitāte

¹⁰ Nesens apskats ir lasāms žurnālā *Spektrum der Wissenschaft*, 2015.01.09 (Konitzer F. Analoge Gravitation: Das Schwarze Loch in der Badewanne).

¹¹ *Steinhauer, Jeff*. Observation of self-amplifying Hawking radiation in an analogue black-hole laser. – *Nature Physics* **10**, 864–869 (2014)

¹² *Weinfurter S. et al.* Measurement of stimulated Hawking emission in an analogue system. – *Phys. Rev. Lett.* **106**, 021302 (2011)

¹³ Tie ir hidrodinamiskie viļņi, kas ir novērojami uz šķidrumu virsmas gravitācijas laukā. Vispārīgās relativitātes teorija paredz gravitācijas lauka viļņus, kuriem latviski ir tāds pats nosaukums, bet tiem ir pilnīgi nesaistīta daba.

Villems Unrū (*William Unruh*), tiek izmantota analogija ar virsmas viļņiem uz ūdens virsmas (gravitācijas viļņiem¹³). Ūdens plūsmu no sākuma paātrina līdz gravitācijas viļņu kustības ātrumam un tad palēnina, simulējot robežu (melnā cauruma horizonta analogu), kuru nevar šķērsot gravitācijas viļņi. Daļa no gravitācijas viļņiem maina savu modu un var iziet caur "horizontu", tādējādi parādot Hokinga starojuma analogu. Ir jāpiezīmē, ka ūdens nav kvantu šķidrums, kā rezultātā gan melnā cauruma analogs, gan arī novērotais Hokinga starojuma analogs nav kvantu efekts.

Kaut gan šie novērojumi nerada īsto Hokinga starojumu, tie ir uzskatāmi par tā eksistences netiešiem pierādījumiem. 🐦

IRENA PUNDURE

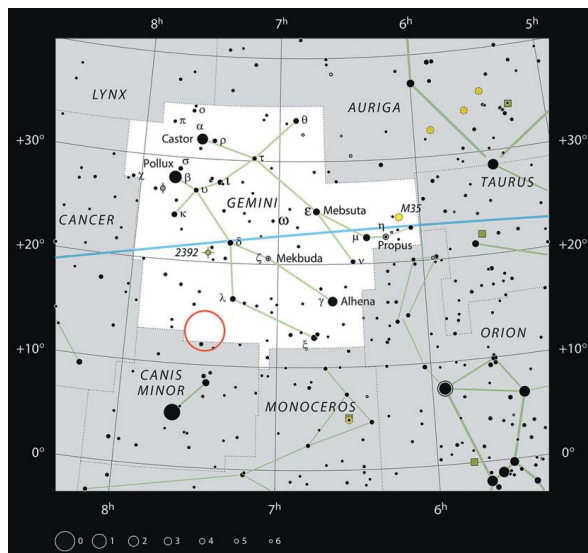
BRIESMONES MEDŪZAS SKAISTAIS MIGLĀJS

Astronomi, izmantojot Eiropas Dienvidobservatorijas ESO ļoti lielo teleskopu VLT, ir uztvēruši visdetalizētāko attēlu Medūzas miglājam. Šis miglājs radies, ar to saistītai zvaigznei pēdējā dzīves stadijā nometot savus ārējos slāņus. No tiem izveidojies krāsains mākonis (*sk. att. vāku 1. lpp.*), ko astronomi pieskaita planetāro miglāju saimei. Šis skaistais planetārais miglājs nosaukts briesmīga grieķu mitoloģijas radījuma – gorgonas¹ Medūzas vārdā. Tas izvietojies Dvīņu zvaigznājā (*2. att.*), aptverot apmēram četrus gaismas gadus, un atrodas ap 1500 gaismas gadu attālumā no mūsu Saules sistēmas. Lai gan liels pēc apjoma, miglājs ir ārkārtīgi nespodrs un tāpēc grūti saskatāms.

Medūza bija derdzīgs radījums ar čūskām matu vietā. Čūskas simbolizē likumotie kvēlojošas gāzes pavedieni (*1. att.*) šajā miglājā. Sarkanā blāzma no udeņraža un vājāks zaļš izstarojums no skābekļa gāzes ievērojami izstiepjas aiz šā ietvara, veidojot pusmēness aprisi debesīs (*3. att.*). Masas izviršana no zvaigznes šajā to evolūcijas stadijā bieži ir saraustīta, kas rezultātā var dot apburošas struktūras planetārā miglāja robežās.

Desmitiem tūkstošu gadu planetāro miglāju zvaigžņu serdes ieskauj šie iespaidīgie krāsainie gāzu mākoņi. Nākamajos dažos

tūkstošos gadu gāze lēnām izklist to apkārtnē. Tā ir pēdējā stadija Saulei līdzīgu zvaigžņu pārvērtībā pirms to aktīvās dzīves beigām kā baltajiem punduriem. Planetārā miglāja posms zvaigznes dzīvī ir niecīga daļa no tās kopējā dzīves laika sprīža – tieši kā



2. att. Medūzas miglājs Dvīņu (lat. *Gemini*) zvaigznājā. Šī karte rāda pazīstamo zodiaka zvaigznāju (Latvijā labāk novērojams ziemā). Zvaigznes, ko bez grūtībām var saredzēt ar neapbruņotu aci tumšajās skaidrajās naktīs, ir parādītas. Medūzas miglāja vieta uz robežas ar Mazā Suņa (*Canis Minor*) zvaigznāju ir apzīmēta. Šis lielais un skaistais planetārais miglājs ziemā ir pārāk vājš, lai būtu redzams mazos teleskopos, un savu uzbūvi atklāj tikai fotogrāfijās.

ESO, IAU un Sky&Telescope

¹ Gorgonas – sengrieķu mitoloģijā jūras dievību radītas briesmones, kuru skatiens visu dzīvo pārvērta par akmeni. No trim māsām gorgonām tikai Medūza bija mirstīga. Sengrieķu mākslā gorgona tika attēlota ar izkātu mēli un čūskām matu vietā.

laiks, kas bērnam ļauj izpūst ziepju burbuli un redzēt to aizdzītu prom īsā brīdī, salīdzinot ar pilno cilvēka mūžu.

Ultravioletais starojums no ļoti karstas miglāja kodola zvaigznes izraisa promskrejošās gāzes atomiem elektronu zudumus, atstājot aiz sevis jonizētu gāzi. Šīs kvēlojošās gāzes raksturīgās krāsas var izmantot, lai noteiktu objektu sastāvu. Jo īpaši zaļās blāzmas klātbūtne no divreiz jonizētā skābekļa [O III] tiek izmantota kā līdzeklis, lai saskatītu planetāros miglājus. Lietojot atbilstošos filtrus, astronomi var izdalīt starojumu no kvēlojošās gāzes un blāvais miglājs var spilgtāk izcelties pret tumšāku fonu.

Kad zaļais [O III] starojums no miglāja tika novērots pirmoreiz, astronomi domāja, ka viņi ir atklājuši jaunu elementu, ko iesauca par *nebuliju* (angl. *nebula* – miglājs). Viņi vēlāk saprata, ka tas bija vienkārši reta starojuma viļņu garums no labi zināmā elementa skābekļa jonizētā veidā. Šis starojuma veids ir neparasts tāpēc, ka tas tiek izraisīts no aizliegtām līnijām – pārejām, ko aizliedz kvantu izvēles noteikumi, bet var vēl notikt ar zemu varbūtību.

Medūzas miglājs, ko 1955. gadā atklājis amerikāņu astronoms Džordžs Eibels (*George O. Abell*), ir iekļauts viņa 1966. gadā sastādītajā planetāro miglāju katalogā kā *Abell 21* (formālāk *PN A66 21*). Kādu laiku zinātnieki sprieda, vai mākonis varētu būt pārnovas sprādziena paliekas. 1970-ajos gados pētnieki tomēr bija spējīgi izmērīt vielas kustību un citas īpašības mākonī un droši klasificēt to kā planetāro miglāju. Tika atrasts, ka mākoņa izplešanās ir ap 50 km/s – daudz mazāka nekā varētu būt sagaidāms pārnovas paliekām.

Šis attēls izmanto datus no VLT pievienota instrumenta – fokusa garuma samazinātāja un zemas dispersijas spektrogrāfa FORS (**F**Ocal **R**educer and **l**ow **d**ispersion **S**pectro-



3. att. Plaša lauka skats rāda debesis ap lielo, bet vājo planetāro miglāju – Medūzas miglāju. Redzams ne tikai pats miglājs, bet arī daudz zvaigžņu un tālu aiz tam lielā skaitā attālas galaktikas. Šī aina radīta no attēliem, kas veido daļu no Digitalizētā debess apskata 2.

ESO/Digitized Sky Survey 2

graph), kas ir kā Eiropas Dienvidobservatorijas Kosmisko dārgumu (*ESO Cosmic Gems*) programmas daļa, kurā izglītības un sabiedriskiem nolūkiem ar ESO teleskopiem iegūst interesantu, intriģējošu vai vizuāli valdzinošu² objektu attēlus. Visi savāktie dati var būt derīgi arī zinātniskiem nolūkiem un ir pieejami astronomiem ESO's zinātnes arhīvā.

² Sk. arī "PN A66 33 un HD 83535 sastapšanās veido briljanta gredzenu debesis". – *ZvD*, 2015, Vasara (228), 15.-16. lpp. <http://www.lu.lv/zvd/2015/vasara/gredzens/>

Pēc Eiropas Dienvidobservatorijas foto paziņojuma (*Photo Release eso1520, 20 May 2015*) 🐦

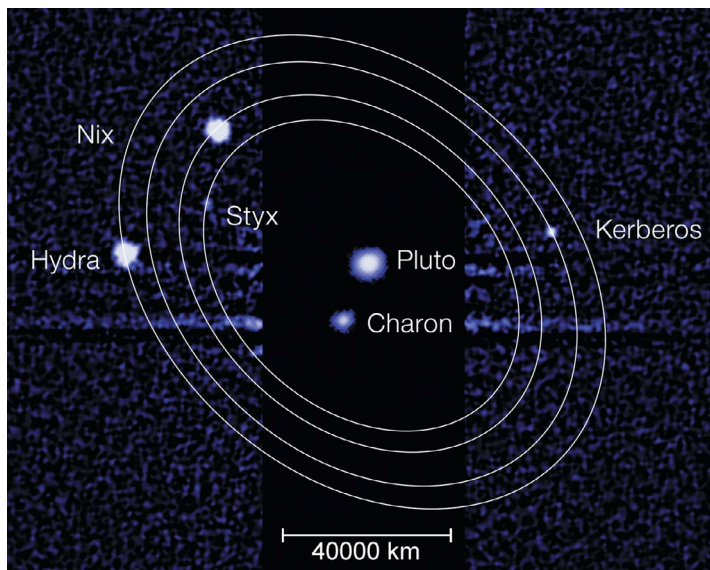
JĀNIS JAUNBERGS

PLUTONA LIELĀ DIENA

Laikā, kad arvien lielāku daļu no cilvēces informatīvā lauka veido aizņemtība ar sevi, kad nākotne šķiet jau pienākusi un nekas vairs nespēj pārsteigt, vajag atgriezties pie dabas. Vislabāk, ja tā ir mežonīga, neskarta daba, ko nekad vēl nav redzējusi cilvēka vai robota acs un kas četrus ar pusi miljardus gadu ir spējusi pastāvēt neatkarīgi no dzīvības, apziņas un sociālajiem tīkliem. Tāda daba mums atgādina, cik niecīga daļiņa no bezgalīgā Visuma ir pieejama Vikipēdijā, bet par visu pārējo nāksies cinīties, asiņot prātu, krājot resursus un politisko gribu, lai sūtiu arvien jaunās zondes melnajā tukšumā. Pagaidām varam tikai minēt, kurā gadā tiks sasniegta Eriīda, Haumeja, Makemake, Sedna un pat Kentaura Alfa, taču **Plutons** ir iepazīts mūsu dzīves laikā – **2015. gada 14. jūlijā**, ar ko arī varam zināmā mērā lepoties un dažas interesantas detaļas apskatīt šajā rakstā.

Vīzija par lidojumu uz Plutonu brieda jau pirms četrdesmit gadiem, kad prom no Saules tika sūtītas zondes *Pioneer 10* un *11*, kā arī *Voyager 1* un *2*. Jebkura no šīm zondēm tehniskā ziņā spēja sasniegt un pētīt Plutonu, lai arī dati būtu krietni zemākas kvalitātes nekā no *New Horizons* misijas. Iespēja *Voyager 1* pēc Saturna apciemojuma sūtīt uz Plutonu patiešām tika izskatīta, taču prioritāte toreiz bija cita – iespējami tuvu pārlidot Saturna milzu pavadoni Titānu, kam nepieciešamā trajektorija izslēdza iespēju doties uz Plutonu.

To, cik Plutona pasaule varētu būt saistoša, planetologi pa īstam atskārta 1989. gadā, kad *Voyager 2* tuvu pārlidoja Neptūna pa-



Plutona sistēma Habla teleskopā.

STScI/NASA foto

vadoni Tritonu. Pēc lieluma līdzīgs Plutonam, Tritons izrādījās neparasti interesants ķermenis, ar aktīvu atmosfēru un slāpekļa geizeriem, kā arī plašas ģeoloģiskās aktivitātes pēdām uz virsmas un grūti saprotamiem organisko vielu reakciju produktiem jeb Tritona toliņiem, kas tam vietumis piešķir rozā krāsu. Iepazīšanās ar Tritonu parādīja, ka aktīva ģeoloģija ir iespējama pat tur, kur klintis ir veidotas no akmenscieta ledus, bet pazemē cirkulē šķidrslāpekļis un oglekļa monoksīds.

Tikmēr 20. gadsimta 90. gados planētu pētnieku rīcībā nokļuva jaudīgi teleskopi ar adaptīvo optiku un sākās vesela mazo ķermeņu atklājumu lavīna, daudzi no kuriem izrādījās tālāki par Plutonu. Līdzīgi kā 1801. gadā atklātā Cerera vēlāk izrādījās tikai viens no asteroīdiem, Plutons zaudēja planētas statusu un tagad tiek uzskatīts par vienu no Koiperas joslas pundurplanētām. Tomēr jāatzīmē, ka Koiperas joslā ir tik auksts, ka dažas pundurplanētas spēj noturēt atmosfēru



New Horizons zonde pirms starta.

JHU APL foto

un no planetologu viedokļa tādēļ ir tikpat interesantas kā klasiskās planētas. Par Plutona atmosfēru ir zināms jau kopš 1988. gada, kad izdevās novērot, kā pakāpeniski izdzisa zvaigznes gaismā, kad Plutons to aizsedza. Līdz ar to, kā viens no lielākajiem un sarežģītākajiem Koiperas joslas ķermeņiem, Plutons jau kopš 20. gadsimta astoņdesmito gadu beigām ir bijis pievilcīgs mērķis kosmisko misiju plānotājiem.

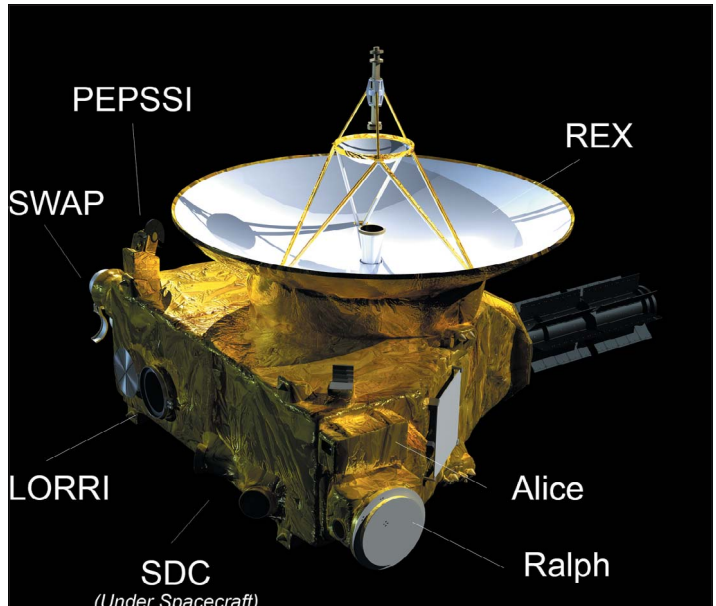
Pirmais detalizētais Plutona pārlidojuma projekts NASA JPL laboratorijā tika formulēts 1995. gadā ar nosaukumu *Pluto-Kuiper Express*. Tas faktiski uzskatāms par *New Horizons* misijas pirmo reālistisko itērāciju, kad zinātnieki definēja nepieciešamo instrumentu klāstu, bet debess mehāniķi aprēķināja trajektorijas un iespējamo starta masu, vadoties pēc nesējraķešu celtpējas. Sākumā šī koncepcija zaudēja konkurencē ar citiem misiju priekšlikumiem, jo JPL izmaksu aplēses pār-

New Horizons zinātniskie instrumenti. JHU APL zīmējums

sniedza 1 miljardu dolāru, kas bija nesamērīgi dārgi vienas reizes pārlidojumam pār mazu ledus pasauli Saules sistēmas nomalē. Tomēr, gadsimtu mijā atklājot simtiem citu Koiperas joslas objektu aiz Neptūna orbītas, zināšanu trūkums par to ģeoloģiju un virsmas ķīmisko sastāvu kļuva arvien aktuālāks. Līdz ar to NASA 2001. gadā izsludināja *New Frontiers* konkursu, kurā varēja piedalīties universitāšu pētnieku veidotas komandas, ne tikai lielo robotmisiju meistari no JPL laboratorijas.

Pirmā *New Frontiers* konkursa mērķis bija iespējami drīz izveidot ātru un nosacīti ekonomisku Plutona izpētes aparātu ar šādiem obligāti sasniedzamajiem zinātniskajiem mērķiem:

- 1) raksturot Plutona un tā lielākā pavadoņa Harona globālo ģeoloģiju un morfoloģiju;
- 2) izveidot Plutona un Harona ķīmiskā sastāva kartes;
- 3) raksturot Plutona atmosfēru un noteikt ātrumu, ar kādu tā aizplūst kosmosā.



Instruments	Apraksts	Zinātniskie mērķi
<i>Alice</i>	Kartējošais ultravioletais spektrometrs 47-188 nm diapazonā ar 32 pikseliem, kuri nosedz $0,1 \times 4$ loka grādu redzeslauku.	Atmosfēras sastāva un mākoņu vai dūmakas raksturošana, uztverot dažādu gāzu ultravioleto absorbciju un emisiju, tajā skaitā analizējot Plutona un Harona saulrietus, zondei ieejot ēnā aiz šiem ķermeņiem.
<i>Ralph-MVIC</i>	Krāsu fotokamera ar lineāru matricu, kura skenēja Plutona un tā pavadoņu virsmas caur četriem krāsu filtriem (zilu, sarkanu, metāna joslas (860-910 nm), kā arī tuvajā infrasarkanajā diapazonā līdz 975 nm) un bez filtra, lai iegūtu Plutona tumšās puses attēlus Harona atstarotajā gaismā.	Plutona un Harona kartēšana ar izšķirtspēju no 250 līdz 500 metriem uz pikseli (melnbalti attēli) un 5 km uz pikseli (krāsu attēli). Atmosfēras parādību raksturošana ar izšķirtspēju 5 km uz pikseli. Plutona un tā pavadoņu izmēru un orbītu precizēšana, agrāk nezināmu pavadoņu un iespējamo Plutona gredzenu meklēšana.
<i>Ralph-LEISA</i>	Kartējošais infrasarkanais spektrometrs ar lineāru matricu, kas Plutonu un tā pavadoņus skenēja viļņa garumos no 1,25 līdz 2,50 mikroniem.	Plutona un Harona kartēšana infrasarkanajā diapazonā ar 10 km izšķirtspēju, lai noteiktu N_2 , CO un CH_4 daudzumu uz virsmas, kā arī temperatūru.
<i>REX</i>	Dublēta radiosakaru sistēma (divi 7,182 GHz uztvērēji un divi 12W 8,438 GHz raidītāji), kas darbojas arī kā radiometrs.	Papildus radiosakaru nodrošināšanai <i>REX</i> mērīja Zemes raidītā signāla fāzes nobīdi, radioviļņiem ejot cauri Plutona atmosfērai, un tādējādi noteica atmosfēras temperatūras un spiediena profilu atkarībā no augstuma. Radiometra režīmā tika izmērīta virsmas temperatūra dienas un nakts pusē.
<i>LORRI</i>	Šaurleņķa redzamās gaismas fotokamera, kura ieguva melnbaltus augstas izšķirtspējas attēlus ar 1024×1024 pikseliem.	<i>LORRI</i> galvenais mērķis bija iegūt tās Plutona puslodes attēlus, kura tuvākā pārlidojuma brīdī no <i>New Horizons</i> aparāta nebija redzama. To panāca, Plutonu fotografējot ar <i>LORRI</i> pusi no Plutona diennakts pirms pārlidojuma, kad pret Sauli un <i>New Horizons</i> bija pavērsta otra puslode. Pārlidojuma brīdī iegūtie <i>LORRI</i> attēli parādīja pat 50 metrus lielus objektus, taču noklāja tikai niecīgu daļu no Plutona virsmas.
<i>SWAP</i>	Saules vēja un citu lādēto daļiņu analizators diapazonā no 250 eV līdz 7,5 keV.	<i>SWAP</i> mērķis bija raksturot Plutona atmosfēras eroziju Saules vēja ietekmē, kad Plutona atmosfēras gāzes tiek jonizētas un aiznestas līdz Saules vējam.
<i>PEPSSI</i>	Augstas enerģijas (1 keV-1MeV) lādēto daļiņu analizators.	Noteica augstas enerģijas lādēto daļiņu virzienu, masu un enerģiju Plutona sistēmā.
<i>VB-SDC</i>	Divpadsmit triecienjutīgi plastmasas paneli ar kopējo laukumu $0,1 \text{ m}^2$, montēti pretējā pusē no tālās darbības antenas, pavērsti zondes kustības virzienā.	Šis Kolorado universitātes studentu uzbūvētais instruments reģistrē kosmisko putekļu skaitu un masu visā lidojuma laikā, tajā skaitā Plutona sistēmā.

Starp pieciem pretendentiem bija gan *JPL*, gan arī Alana Sterna (*Dr. Alan Stern*) komanda no Džonsa Hopkina universitātes Lietišķās fizikas laboratorijas. Viņa kontā jau bija astoņu zinātnisko instrumentu izstrāde citām misijām, kā arī piedalīšanās kopumā 24 ar kosmosa izpēti saistītos projektos, ieskaitot Habla kosmisko teleskopu un *NEAR* misiju uz asteroīdu Erosu. Būdamas respektēts un enerģisks menedžeris, viņš savāca spēcīgu komandu, kura vadīja gan aparāta konstruēšanu un būvi, gan arī lidojumu pēc starta 2006. gada janvārī. Lielu daļu no šā laika kosmiskais aparāts pavadīja elektroniskā pusmiegā, lai taupītu orientācijas dzinēju degvielas rezerves un elektroniku, kā arī Zemes inženieriem ļautu vienlaikus nodarboties ar citiem projektiem. Laiku pa laikam notika vienīgi trajektorijas pārbaudes, instrumentu kalibrēšana un datu ievākšana par kosmisko telpu, kā arī Jupiteru tā pārlidojuma laikā 2007. gadā.

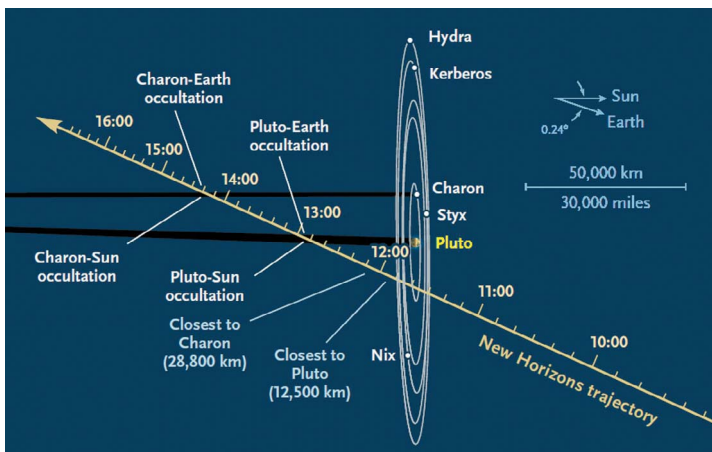
New Horizons instrumenti pēc datu ievākšanas veida iedalās divās grupās – “lēnie” instrumenti un “ātrie”. Pirmo uzdevums ir ilgstoši mērīt kosmiskās telpas īpašības, galvenokārt lādētās daļiņas, kas nāk no Saules vēja un Plutona tuvumā arī no tā atmosfēras un var liecināt par Plutona jonosfēras sastāvu un Plutona gāzu lēno aizplūšanu kosmosā. Nav sagaidāms, ka Plutonam būtu magnētiskais lauks, tāpēc *New Horizons* nav magnetometru, taču par magnētiskā lauka neesamību liecinās arī daļiņu instrumentu *SWAP* un *PEPSSI* mērījumi Plutona tuvumā. Pie “ātrajiem” instrumentiem piešķaita redzamās gaismas fotokameras – melnbalto 20 cm diametra teleskopisko fotokameru *LORRI* un platlēcņa *Ralph-MVIC*, kā arī ultravioleto kartējošo spektrometru *ALICE* atmosfēras gāzu noteikšanai

New Horizons zondes trajektorija cauri Plutona sistēmai.

JHU APL zīmējums

un infrasarkanā kartējošo spektrometru *LEISA* virsmas sastāva identificēšanai. To ģenerētais datu apjoms Plutona pārlidojuma laikā bija kopumā ap 16 gigabaitiem, ko nekādi nevar noraidīt uz Zemi tiešajā laikā, jo sakaru sistēmas jauda Plutona attālumā ir tikai 125 baiti sekundē un tālāk Koiperā joslā tiks pārslēgta uz vēl lēnākiem režīmiem. Paies veseli 16 mēneši, kamēr tiks saņemti visi iegūtie dati par Plutonu, jo īpaši pilnas izšķirtspējas attēli, kuri ir kompresēti ar kvalitāti nesamazinošu algoritmu.

Ievērojams 33 a. v. attālums apgrūtina ne tikai datu pārraidi, bet arī zondes vadību. Negaidīta pārbaude vadības komandas rīcībā gadijās 10 dienas pirms Plutona pārlidojuma 2015. g. 4. jūlijā. Brīdī, kad tika atjauninātas instrukcijas zondes darbībai misijas saspringtākajās dienās un stundās tieši Plutona tuvumā un vienlaikus no datora atmiņas dzēsta nevajadzīgā informācija, procesora pārslodzes dēļ dators pārstartējās un zonde sāka darboties pēc avārijas programmas. Tas nozīmē, ka tika pārtraukta novērojumu programma, zondes kontrole nodota rezerves datoram un noraidīts signāls uz Zemi, gaidot tālākās instrukcijas. Signāls uz Zemi ceļoja 4,5 stundas, un pēc tā saņemšanas vadības centrā ātri vien saprata zondes stāvokli un izstrādāja nepieciešamās instrukcijas, lai atgrieztos pie normālas darbības.



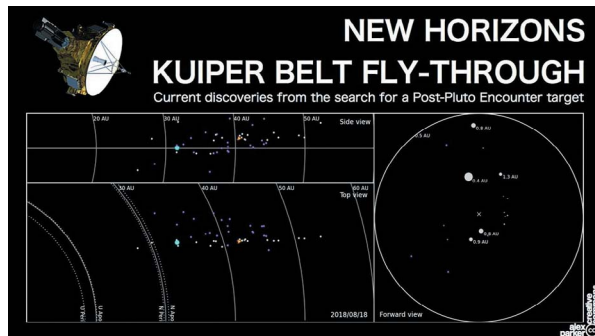
Laiks pēc Griničas (UT)	Notikums (misijas vadības centrā)
12. jūlijs 19:39 2015. g.	Pabeigta datu pārraide 7,5 stundu garumā, kuras gaitā tika saņemti pēdējie navigācijas attēli no <i>LORRI</i> fotokameras: Plutons un Harons ar 13 km izšķirtspēju uz pikseli (Plutona diametrs 185 pikseli, Harona diametrs 92 pikseli).
13. jūlijs 02:23	Pabeigta rezerves datu pārraide 4,2 stundu garumā gadījumam, ja zonde Plutona sistēmā sadurtos ar putekļiem un ietu bojā. Tika saņemti <i>LEISA</i> un <i>Alice</i> spektri.
13. jūlijs 06:14	Pabeigta otrā rezerves datu pārraide 2,5 stundu garumā, kas sastāv no <i>LEISA</i> instrumenta infrasarkanajiem spektriem (bez attēliem).
13. jūlijs 10:39	Pabeigta trešā rezerves datu pārraide 1,4 stundu garumā, kas sastāv no <i>LEISA</i> instrumenta infrasarkanajiem spektriem (bez attēliem).
13. jūlijs 16:24	Pabeigta ceturrtā rezerves datu pārraide 3,5 stundu garumā, kas sastāv no <i>LORRI</i> iegūta Harona attēla (170 pikseļu diametrā), krāsainiem Plutona un Harona attēliem (attiecīgi 86 un 43 pikseļu diametrā), kā arī <i>Alice</i> , <i>LEISA</i> , <i>PEPPSI</i> un <i>SWAP</i> instrumentu iegūtajiem datiem.
14. jūlijs 03:15	Pabeigta piektā rezerves datu pārraide 0,9 stundu garumā, kas sastāv no <i>LORRI</i> iegūta Plutona attēla (630 pikseļu diametrā, 768 000 km attālumā, 18 stundas pirms pārlidojuma).
14. jūlijs 11:49	Plutona pārlidojums 12 500 km attālumā. Intensīvās datu vākšanas dēļ sakari ar Zemi nav iespējami.
14. jūlijs 12:03	Harona pārlidojums 28 800 km attālumā.
14. jūlijs 12:51	<i>New Horizons</i> zonde izgāja caur Plutona ēnu, lai pētītu tā atmosfēru pret Sauli.
14. jūlijs 14:17	<i>New Horizons</i> zonde izgāja caur Harona ēnu.
15. jūlijs 01:09	Misijas vadība saņēma īsu signālu, ka pārlidojums ir noritējis sekmīgi.
15. jūlijs 10:59	Saņemti pirmie dati pēc pārlidojuma (1,5 stundu pārraide). <i>LORRI</i> iegūts Harona attēls 520 pikseļu diametrā, Plutona attēls 615 pikseļu diametrā, kā arī viena no mazajiem pavadoņiem – Hidras attēls (10 × 18 pikseli).
15. jūlijs 19:25	Otrā datu pārraide pēc pārlidojuma (6,9 stundas). Plutona mazā pavadoņa Niktes attēls (9 × 19 pikseli), trīs attēli no Plutona augstas izšķirtspējas mozaikas (katrs 1024 × 1024 pikseļu attēls rāda 410 km plašu Plutona apgabalu), kā arī <i>Alice</i> , <i>Leisa</i> , <i>REX</i> un <i>SWAP</i> dati.
16. jūlijs 04:23	Trešā datu pārraide pēc pārlidojuma (1,9 stundas), kas satur lādēto daļiņu novērojumus Plutona sistēmā ar <i>PEPPSI</i> instrumentu.
16. jūlijs 07:23	Ceturrtā datu pārraide pēc pārlidojuma (1,9 stundas), trīs attēli no <i>LORRI</i> augstas izšķirtspējas Harona mozaikas (katrs attēls nosedz 390 km no Harona virsmas), kā arī <i>PEPPSI</i> un <i>SWAP</i> dati.
16. jūlijs 13:22	Piektā datu pārraide pēc pārlidojuma (4,3 stundas), <i>Ralph-MVIC</i> iegūtais krāsainais Plutona un Harona dubultportrets vienā attēlā, kā arī <i>SWAP</i> dati.
17. jūlijs 16:32	Augstas prioritātes datu pirmā pārraide (3,3 stundas). Plutona mazā pavadoņa Hidras attēls no <i>LORRI</i> fotokameras (48 × 28 pikseli), viens attēls no <i>LORRI</i> iegūtās Plutona mozaikas, kur redzams Plutona apvārnis, kā arī <i>Alice</i> instrumenta iegūtie UV spektri.
18. jūlijs 10:29	Augstas prioritātes datu otrā pārraide (4,6 stundas). <i>LORRI</i> Plutona nakts puses attēls, <i>Ralph-MVIC</i> iegūts krāsains Niktes attēls (18 × 8 pikseli), kā arī <i>LEISA</i> infrasarkanie spektri.

20. jūlijs 16:20	Augstas prioritātes datu trešā pārraide (3,3 stundas). Vēl četri attēli no <i>LORRI</i> augstas izšķirtspējas Plutona mozaikas.
21.VII – 14.IX	Atbilstoši plānam tālākā attēlu pārraide tika atlikta līdz septembra vidum, lai varētu tiešā laikā ievākt un noraidīt uz Zemi "lēnos datus" par kosmiskās telpas īpašībām aiz Plutona sistēmas.
14.IX – 15.XI	Visu attēlu pārraide augsti kompresētā (pazeminātas kvalitātes) versijā.
2015. g. 16.XI – 2016. g. XI	Visu attēlu pārraide pilnā kvalitātē.

Taču šīs instrukcijas līdz Plutona apkaimei ceļoja vēl 4,5 stundas, bet pēc tam bija nepieciešams pārliecināties, ka instrukcijas ir saņemtas bez kļūdām, kas prasīja vēl dažus sakaru seansus. Tikai tā, soli pa solim bija iespējams droši pārstartēt datorus 33 a. v. attālumā, kad līdz 9 gadus gaidītajai misijas kulminācijai vairs bija palikusi tikai nedēļa. Visi tālākie notikumi norisinājās precīzi pēc ieprogramētā plāna bez Zemes saprātīgo būtņu iejaukšanās.

New Horizons iegūto datu analīze turpināsies gadiem un vainagosies ar rūpīgi izstrādātām publikācijām zinātniskajos žurnālos, kur katrs spektrs un skaitlis būs kalibrēts, secinājumi būs nopietni pamatoti un neskaidrības – godīgi norādītas. Mums kā planetoloģijas amatieriem visas šīs publikācijas būs pieejamas, taču jau tagad varam baudīt pirmos kvalitatīvos jaunās pasaules attēlus, kuri katrs nes savu stāstu, un katrs no mums var attīstīt savas interpretācijas. Piemēram, kāpēc Plutons ir tik kontrastains, gluži kā Saturna pavadonis Japets? Kas ir tumšie plankumi un gaiši rozā apgabali? Kā masīvais Harons ietekmē Plutona atmosfēru, kas zināmā mērā ietin abus šos ķermeņus vienā jonosfēras mākonī? Kāpēc pagaidām uz Plutona vēl nav iestājies rudens, kaut arī tas jau ir attālinājies savā orbitā no 30 līdz 33 a. v. no Saules? Ko mēs varam secināt par Plutona iekšējo siltumu un iespējamo okeānu zem tā biezās ledus garozas? Vai Plutona dzīlēs varētu būt dzīvība? Vai uz Plutona kādreiz būs dzīvība, vai nu bioloģiskā, vai arī kibernetiskā?

Iespējams, ka paies gadu desmiti, kamēr nākamās robotzondes atbildēs uz šiem jautājumiem, taču tāda ir zinātnes būtība – izde-



Iespējamie tālākie mērķi *New Horizons* zondei. Visticamāk, degvielas pietiks, lai trajektoriju mainītu uz vienu no tiem. *JHU APL* zīmējums

vies ir tas projekts, kurš ne tikai atbild uz esošajiem jautājumiem, bet arī uzdod jaunus. Un *New Horizons* misija vēl nav galā – daudz pieredzējusi zonde turpina ceļu tālāk Koiperas joslā, kur nākamo piecu gadu laikā pārlidos vēl vismaz vienu nelielu, nesēn atklātu ledus un sasalušu gāzu ķermeni.

Saites:

<http://pluto.jhuapl.edu/> – Džonsa Hopkinsa universitātes Lietišķās fizikas laboratorijas *New Horizons* lapa

<http://pluto.jhuapl.edu/soc/Pluto-Encounter/index.php> – *New Horizons* *LORRI* fotokameras attēlu arhīvs

<http://www.planetary.org/blogs/emily-lakdawalla/> – *Emily Lakdawalla*/Starptautiskās Planētu biedrības blogs par planetoloģijas jaunumiem, tostarp par Plutonu

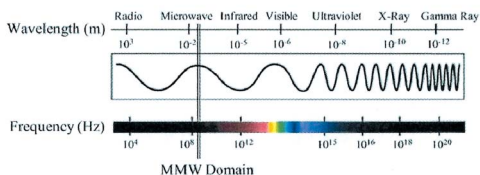
<http://www.unmannedspaceflight.com/> – Diskusiju forums par Saules sistēmas izpēti misijām, tostarp *New Horizons*

OLĢERTS DUMBRĀJS, *LZA īstenais loceklis*

MILIMETRU ELEKTROMAGNĒTISKIE VIĻŅI CIŅĀ PRET TERORISMU

Elektromagnētisko viļņu spektrs

Elektromagnētisko viļņu spektrs ir ļoti plašs, sākot ar garajiem radioviļņiem, kuru viļņa garums mēraš kilometros (frekvence 10^4 Hz), un beidzot ar gamma stariem, kuru viļņu garums ir tikai 10^{-12} m (frekvence 10^{20} Hz) (sk. 1. att.).



1. att. Elektromagnētisko viļņu spektrs.

Cilvēka acs redz elektromagnētiskos viļņus (vienkāršāk sakot – gaismu), kuru garums ir robežās $4 \cdot 10^{-7}$ m – $7 \cdot 10^{-7}$ m. Par milimetru elektromagnētiskiem viļņiem dēvē viļņus, kuru garums ir diapazonā 0,3 mm – 10 mm.

Milimetru viļņu īpašības

Var minēt šādas milimetru viļņu īpašības. Tie izplatās pa taisni, tos absorbē lietus, mitrs gaiss, tos viegli fokusēt ar maza izmēra antenām. Milimetru viļņi var iespieties gaismas necaurļaidīgos materiālos, piemēram, kokā, keramikā, plastmasā, apģērbā, betonā, augsnē, ādā utt.

Milimetru viļņu ģenerēšana

Mazjaudas (daži vati) milimetru viļņus ģenerē, izmantojot pusvadītājus, tādus kā lauka efektu tranzistorus, tuneļa diodes u.c. Daudz

grūtāk iegūt lieljaudas (kilovati, megavati) milimetru viļņu starojumu. Garo viļņu pusē kā ģeneratorus izmanto magnetronus un klistronus. Taču to jauda samazinās, samazinoties viļņu garumam, jo šo ģeneratoru rezonatoru izmērs ir proporcionāls viļņu garumam. Skaidrs, ka rezonatorā, kura izmērs ir daži milimetri, lielu jaudu iegūt nevar. Īso viļņu pusē kā ģeneratorus izmanto lāzerus, kuru darbības princips balstās uz kvantu efektiem. Milimetru garumi pieder makropasaulei. Tāpēc ar lāzeļiem milimetru viļņus ģenerēt nevar.

Pagājušā gadsimta otrajā pusē tika izgudrots tā saucamais žirotrons – lieljaudas elektromagnētisko viļņu ģenerators milimetru viļņu diapazonā (sk. *Dumbrājs O. Žirotrons – kas tas īsti ir? – Enerģija un Pasaule, 2013, Nr. 2, 74.-77. lpp.*), kura darbība balstās uz relativitātes teoriju. Žirotrona rezonatora izmēri var daudzkārt pārsniegt ģenerētā starojuma viļņa garumu, kas nodrošina lielas jaudas iegūšanu.

Ciņa pret terorismu (mazjaudas metodes) Nemetālisku paslēptu priekšmetu meklēšana

Ar milimetru viļņu radariem var atrast ieročus, kas izgatavoti no plastmasas, keramikas (sk. 2. att.). Tos nevar atrast ar metāla detektoriem.

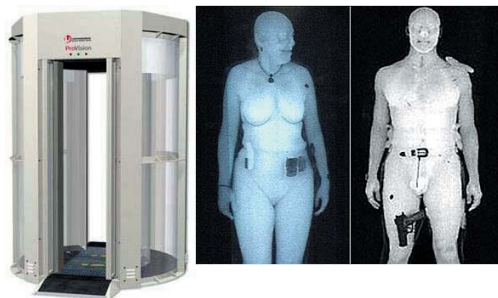
Daudzās lidostās ir uzstādītas milimetru viļņu kabīnes. Cilvēka drēbes milimetru viļņiem ir caurspīdīgas, tāpēc uz ekrāna cilvēkus redz kailus (sk. 3. att.).

Tas rada zināmas morālas problēmas. Viens no mēģinājumiem tās risināt ir nepieļaut



Fig. 3. Visible (top) and TIR reflection (bottom) images of a section of a plastic gun taken at a distance of 1 meter.

2. att. Ar milimetru viļņu radariem atrastie plastmasas ieroči, kas paslēpti drēbēs.



3. att. Milimetru viļņu kabīne un uz ekrāna redzamie cilvēki.

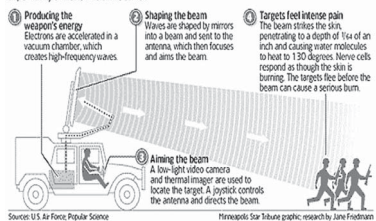
ekrāna operatora vizuālo kontaktu ar kontrolējamo personu. Operators ar monitoru atrodas atsevišķā slēgtā telpā, no kuras tas apgērbtu personu, kas ieieta kabinē, redzēt nevar. Ja uz ekrāna redzams kāds aizdomīgs priekšmets, operators ziņo kolēģim, kas stāv pie kabīnes un redz personu apgērbtu.

Ciņa pret terorismu (lieljaudas metodes) Paslēptu radioaktīvu materiālu meklēšana

Tiek izmantots 670 GHz ($\lambda=0,45$ mm) žirotrons ar jaudu 200-300 kW. Žirotrona ģenerētie viļņi tiek fokusēti λ^3 tilpumā. Ja gaisā nav radioaktīva starojuma, tad apkārtesošo brīvo elektronu blīvums ir niecīgs. Varbūtība, ka šai mazajā tilpumā atradīsies brīvi elektroni, kas spēj ierosināt caursītes procesa

A new weapon: Intolerable pain, little damage

The "Active Denial System" uses a beam of energy to produce an overheating burning sensation on the skin without causing serious burns. The weapon could be used to repel enemy troops, disperse hostile crowds, suppress sniper activity or create a defensive barrier.



4. att. Ienaidnieka karavīru vai teroristu izklaidināšana ar žirotrona starojumu.

lavīnu, ir zema. Ja šāda caursīte tiek novērota, tad tas nozīmē, ka viļņu fokusā ir gamma starojums, kura avots ir paslēptais radioaktīvais materiāls. Var pārbaudīt ienākošo kuģu konteinerus no tālienes, virzot uz tiem žirotrona viļņus un vērojot, vai redzami mazi zibentiņi.

Aktīvās atteices sistēma (Active denial system)

Žirotrona viļņus raida cilvēku virzienā (sk. 4. att.). Cilvēkiem rodas ļoti nepatīkama sajūta, liekas, ka āda sāk degt. Gribas bēgt prom. Tiek izmantots žirotrons, kas ģenerē viļņus ar 95 GHz frekvenci ($\lambda=3,2$ mm) un 100 kW jaudu (sk. 5. att.). Pie šīs frekvences viļņu zudumi atmosfērā ir minimāli, bet absorbcija ādas ūdenī ir maksimāla. Radiācija pilnīgi absorbējas cilvēka ādā jau 0,4 mm dziļumā. Āda tiek karsēta tikai ķermeņa virspusē, cilvēka iekšējie orgāni netiek skarti. Jāatzīmē, ka šī metode nebojā arī ārējos orgānus, pretstatā ūdens metējiem vai gumiņas lodēm.



5. att. Pārvietojama iekārta. Žirotrons ar palīgiekārtām atrodas kravas kastē. Aizmugurē redzama antena, kuru var vērst teroristu vai agresīvi noskaņotu demonstrantu pūļa virzienā.

AIGARS ATVARS

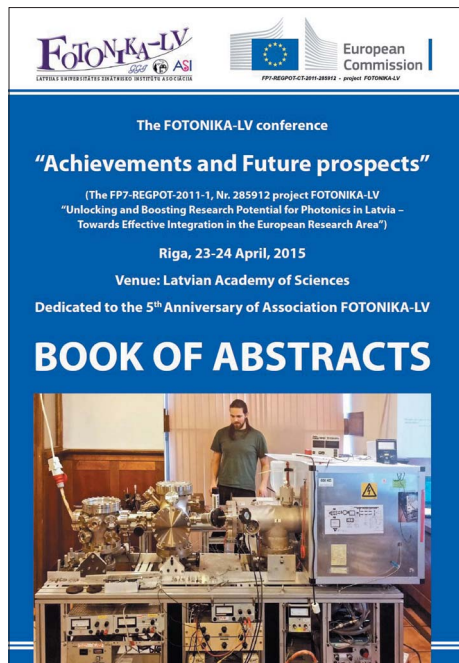
ASOCIĀCIJAS FOTONIKA-LV PIECU GADU JUBILEJAS KONFERENCE

2010. gada 24. aprīlī trīs Latvijas Universitātes institūti – Atomfizikas un spektroskopijas institūts, Astronomijas institūts, Ģeodēzijas un ģeoinformātikas institūts – nodibināja asociāciju FOTONIKA-LV*, lai kopīgiem spēkiem veicinātu fotonikas jomas tālāku izaugsmi Latvijā, lai veicinātu pētniecību ar fotoniku saistītās disciplinās un sagatavotu liela apjoma projektu pieteikumus. Pirmais lielākais panākums bija FP7 konkursā (7% panākuma varbūtība) finansēts REGPOT programmas projekts (*Unlocking and Boosting Research Potential for Photonics in Latvia – Towards Effective Integration in the European Research Area*, FOTONIKA-LV, FP7-REGPOT-CT-2011-285912) 3,8 miljonu eiro apjomā periodam no 01.02.2012. līdz 31.07.2015. Projekts deva iespēju repatriēt latviešu zinātniekus, noligt ārzemju zinātniekus, īstenot apmaiņas vizītes ar zinātniskajiem partneriem, iepirkt zinātnisko aparatūru, rīkot konferences un citus zinātnes publicitātes pasākumus. Līdzās četrām liela mēroga starptautiskām konferencēm projekta pirmā, otrā un trešā gada beigās (attiecīgi 2013., 2014. un 2015. g. februārī) tika rīkotas projekta pārskata konferences, kurās projektā iesaistītie ziņoja par veiktajiem darbiem (šo konferenču abstraktu grāmatas pieejamas elektroniski: <http://www.lu.lv/fotonika-lv/implementedprojects/regpot-2011-1/results/>). Projekta noslēgumā

* Sk. Ūbelis A. Fotonika ir dzimusi zvaigznēs. – *ZvD*, 2011, Vasara (212), 60.-66. lpp. <https://dspace.lu.lv/dspace/handle/7/28373>

– 2015. gada 23.-24. aprīlī, asociācijas pastāvēšanas piecu gadu jubilejas dienās tika rīkota divu dienu starptautiska kopsavilkuma konference ar ieskatu nākotnē.

Konference tika rīkota ar mērķi sniegt pārskatu par REGPOT projektā sasniegtajiem rezultātiem un starptautiskas zinātnieku grupas ietvaros diskutēt par FOTONIKA-LV nākotni. Konference tika organizēta arī kā publicitātes pasākums, lai iepazīstinātu Latvijas zinātnisko sabiedrību un zinātnes politikas



1. att. Konferenču abstraktu grāmatas vāks.

pārstāvjus ar FOTONIKA-LV kvalitatīvo un kvantitatīvo izaugsmi, modernizēto pētniecības infrastruktūru un zinātniskiem sasniegumiem. Konferencē piedalījās trīs augsta līmeņa eksperti, kuriem Eiropas Komisija ir uzdevusi vērtēt projekta saturisko realizāciju.

FOTONIKA-LV zinātniskā darbība centrējas ap fotonikas jomu, kura ietver sevī arī kvantu zinātnes, kosmosa zinātnes un saistītās tehnoloģijas, t.i., virzienus, kuros jau gadiem ilgi ar panākumiem darbojas asociāciju veidošie zinātnes institūti. Tāpat FOTONIKA-LV sadarbojas ar fotonikas jomas industriju. Konferenču sekcijas attiecīgi skāra fotoniku, kvantu zinātnes un kosmosa zinātnes un deva pārskatu par fotonikas industriju Latvijā, Baltijā un Eiropā. Kopumā konference deva visaptverošu pārskatu par FP7 REGPOT projekta sasniegumiem un asociācijas FOTONIKA-LV nākotnes iecerēm.

Pirmā konferences diena

Sveiciens vārdi. Konferenču sākumā tās viesus uzrunāja FOTONIKA-LV koordinators Arnolds Ūbelis, Latvijas Zinātnes padomes priekšsēdētājs Andrejs Siliņš un Latvijas Universitātes prorektors (pašlaik jau LU rektors) Indriķis Muižnieks.

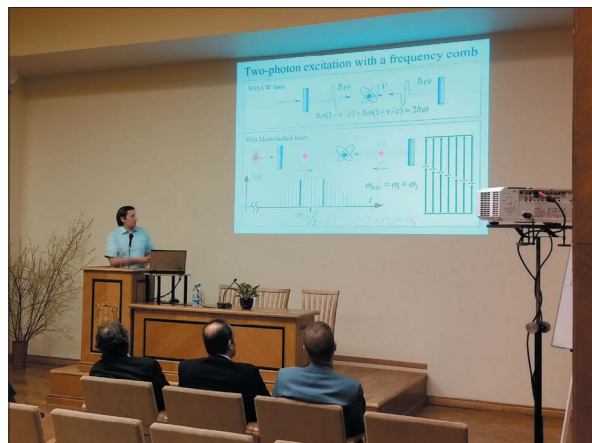
Vieslekciju sesija "Kvantu zinātņu un kosmosa zinātņu aktualitātes". Par kvantu zinātņu aktualitātēm, precīzāk – par frekvenču ķemju spektroskopiju un fotona izmēra noteikšanu (*Frequency Comb Spectroscopy and Proton Size Puzzle*), runāja Dr. Arturs Matvejevs no Maksa Planka Kvantu optikas institūta Minhenē, Vācijā. Jāpiemin, ka šo institūtu vada Teodors Henšs (*Theodor Hänsch*), kas ir 2005. gada Nobela prēmijas laureāts fizikā. FOTONIKA-LV kvantu optikas laboratorijas vadītājs Jānis Alnis kā *post-docs* deviņus gadus bija minētājā Minhenes institūtā, tādēļ ar A. Matvejevu ir bijušie kolēģi un tos saista 21 kopēja publikācija.

Otru vieslekciju par jaunumiem kosmosa zinātnēs un precīzāk – par kosmosa plazmas uzvedību (*Shocks in space plasma*) nolasīja

Dr. Andris Vaivads, latviešu zinātnieks, kas pašreiz strādā Zviedrijas Kosmosa fizikas institūtā Upsalā, Zviedrijā.

Pirmā plenārā sekcija "Fotonika kā atslēgas tehnoloģija Eiropā. Ar fotoniku saistītā zinātne un tehnoloģijas Latvijā". Eiropas Fotonikas industrijas konsorcijs (*EPIC*, <http://www.epic-assoc.com/>) ģenerāļsekretārs Karlss Lī sniedza pārskatu par fotonikas industriju Eiropā. Jānorāda, ka *EPIC* ir biedrība, kurā ietilpst ap 200 fotonikas jomas uzņēmumu un organizāciju no 27 valstīm. Arnolds Ūbelis sniedza pārskatu par FOTONIKA-LV REGPOT projekta rezultātiem un tā ieguldījumu fotonikas attīstībā Latvijā. Jānis Alnis sniedza pārskatu par REGPOT projekta ieguldījumu fotonikas zinātņu attīstībā Latvijā. Vidvuds Beldavs sniedza pārskatu par REGPOT projekta ieguldījumu Latvijas mazo uzņēmumu aktivizēšanai un sadarbības veidošanai.

Otrā plenārā sekcija "Fotonika kā atslēgas tehnoloģija Lietuvā un Igaunijā". Aigars Atvars sniedza pārskatu par fotonikas jomas uzņēmumiem Lietuvā un Igaunijā. Tam sekoja publiska diskusija par sadarbības aktivizēšanu fotonikas jomā Baltijā, Baltijas reģionā un Eiropā. Diskusiju vadīja uz konferenci speciāli aicināts viesis – Dr. Mats Nordlunds, kuram ir liela pieredze zinātnē un industrijā. Pašreiz



2. att. A. Matvejeva lekcija.

M. Nordlunds strādā inovāciju konsultantu grupā, kas izstrādā inovāciju attīstības stratēģijas (<http://www.innovatoadvisorypartners.com/>).

Izbraukuma sekcija Baldones observatorijā. Konferences dalībniekus autobuss aizveda uz Baldones Riekstkalnu, kur tika demonstrēta LU AI Astrofizikas observatorija un tās apkārtnē. Notika stenda referātu sesija un kopējs pikniks.

Otrā konferences diena

Trešā plenārā sekcija "Fotonika un kosmosa zinātnes Latvijā – FOTONIKA-LV projekta ieguldījums". Ilgmārs Eglītis deva pārskatu par LU AI Baldones Astrofizikas observatorijas pētījumiem un FOTONIKA-LV REGPOT projekta ieguldījumu tajā. Jorge del Pino stāstīja par LU AI ZMP lāzerlokācijas stacijas Rīga sistēmu LS-105 un tās uzlabošanu REGPOT projekta laikā. Elina Rutkovska stāstīja par satelītu un kosmosa lūžņu novērošanas instrumenta izstrādi. Diāna Haritonova ziņoja par digitālās zenīta kameras izstrādi. Jānis Balodis sniedza pārskatu par ģeodēziju un ģeoinformātiku Latvijā. Vladislavs Bezrukovs sniedza pārskatu par radioastronomiju Latvijā, norādot tieši Ventpils Starptautiskā radioastronomijas centra ieguldījumu. Ilgonis Vilks sniedza vēsturisku pārskatu par Astronomijas institūta ilggadējo darbību augsta līmeņa zinātnes komunikēšanā sabiedrībai.

Ceturtnā plenārā sekcija "Fotonikas un kvantu zinātnes attīstība – FOTONIKA-LV projekta ieguldījums". Aigars Ekers ziņoja par rezultātiem cēzija atomu kūļu pētniecībā. Teodora Kirova izklāstīja teoriju par "apģērbto" atomu stāvokļu veidošanos atomu supersīk-



3. att. Daļa paneldiskusijas dalībnieku. No kreisās: Vidvuds Beldavs, Arnolds Ūbelis, Aigars Ekers, Mats Nordlunds.

Foto: Aigars Atvars

struktūras līmeņos. Jānis Blahins stāstīja par jonu kūļu iekārtas GRIBA izstrādi un REGPOT projekta rezultātā izveidotām lietišķās zinātnes izstrādēm sadarbībai ar industriju. Romāns Vīters ziņoja par fotonikas materiālu izmantošanu optiskajos sensoros, to skaitā par biosensoru izstrādi. Jānis Alnis stāstīja par FOTONIKA-LV REGPOT projekta rezultātā izveidotās Kvantu optikas laboratorijas darbību un rezultātiem, kā arī par jaunu projektu pieteikumu iestrādēm kvantu zinātņu jomā. Kārlis Gross stāstīja par starpdisciplināro sadarbību biomateriālu izpētē.

Noslēguma sekcija un paneldiskusija. Arnolds Ūbelis ziņoja par tuvākajām iecerēm dalībai jaunu Horizon 2020 projektu konkursos, tādējādi norādot uz plāniem finansējuma piesaisti FOTONIKA-LV grupai. Mats Nordlunds vadīja diskusiju par starptautiskas zinātniskās sadarbības veicināšanu un FOTONIKA-LV attīstību nākotnē.

Konferences abstraktu grāmata, lektoru prezentāciju materiāli un konferences video ir pieejami <https://fotonikalv.wordpress.com/fotonika-lv-5th-anniversary-conference/>. 🐦

Pamanīta kļūda 2015. gada Vasaras laidienā

30. lpp. ŠOVASAR ATCERAMIES .. Ira Rungaine .. 3.-4. rindā "Mirusi Vitrupes pagastā 2010. g. 16. februārī" vietā jābūt "Mirusi Vitrupes pagastā 2007. g. 18. augustā".
Atvainojamies autoriem un paldies vērigajiem lasītājiem.

Sastādītāja

KURTS ŠVARCS

EINŠTEINA VISPĀRĪGĀS RELATIVITĀTES TEORIJAS SIMTGADE

Pirms simts gadiem 1915. gada 25. novembrī Alberts Einšteins Prūsijas Zinātņu akadēmijas Vēstis publicēja savu Vispārīgo relativitātes teoriju (VRT), izskaidroja planētas Merkura orbītas rotāciju un paredzēja gaismas staru noliekšanos gravitācijas laukā. Kaut gan Einšteins pie VRT strādāja jau agrāk un pirmo pārskata rakstu žurnālā *Annalen der Physik* (tajā laikā viens no vadošajiem pasaules žurnāliem fizikā) publicēja dažus mēnešus vēlāk [1], šo publikāciju uzskata par VRT dzimšanu un to atzīmē pasaules zinātniskie un populārzinātniskie žurnāli.

Vispārīgā relativitātes teorija aplūko paātrinātas sistēmas un gravitāciju saista ar četrdimensionālo laika-telpas metrikas liekumu. Tā vispārina speciālo relativitātes teoriju un Ņūtona gravitācijas likumu. VRT būtiski ietekmēja fizikas attīstību un mūsu priekšstatus par Visumu un tā evolūciju. Jau pirmie VRT vienādojumu risinājumi pie dažādiem robežnosacījumiem deva daudz jaunumu. Vācu fiziķis K. Švarcsīlds 1916. gadā deva risinājumu melnajiem caurumiem zvaigžņu kolapsa procesā. Gadu vēlāk Alberts Einšteins vienādojumos ieviesa kosmisko konstanti Λ , lai aprakstītu stabilo Visumu (vēlāk, pēc Visuma izplešanās atklāšanas, Einšteins to uzskatīja par savu lielāko kļūdu). Nedaudz vēlāk, 1922. gadā krievu teorētiķis Aleksandrs Frīdmans deva vispārīgu risinājumu, pēc kura Visums atkarībā no masas blīvuma var gan izplesties, gan arī sarauties (tajā laikā Visuma izplešanās vēl nebija novērotā!). 1927. gadā Žoržs Lemetrs (*sk. att.*) publicēja savu hipotēzi par Lielo Sprādzienu un Visuma izplešanos pirms¹⁾ Edvina Habla publikācijas par sarka-



Abats Žoržs Lemetrs (*pa labi*) ar Albertu Einšteinu (ap 1932. g.). *No kolbefoundation.org*

no nobīdi un galaktiku attālināšanos. Pateicoties VRT, tika izstrādāti Visuma modeļi, kas apraksta tā evolūciju un procesus gravitācijas laukā.

Šodien teorētiskā fizika izstrādā kvantu gravitācijas teoriju, kuras mērķis ir aplūkot gravitāciju kopā ar kvantu mehāniku un izskaidrot visas četras mijiedarbības (gravitācija, elektromagnētisms, vājā un stiprā mijiedarbība kodolfizikā).

[1] *Albert Einstein. Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie. – Annalen der Physik, 354, Nr. 7, 1916, S. 769-822.* 🐦

¹⁾ *Sk. Vai patiesā Visuma izplešanās atklāšana tika pazaudēta tulkojumā? – ZvD, 2012, Pavasaris (215), vāku 3. lpp. <http://www.lu.lv/zvd/2012/pavasaris/izplešanas/>*

PROJEKTS ORION – BUM, BUM, BUM KOSMOSĀ

Daudziem lasītājiem, ieraugot šādu virsrakstu, var rasties jautājums, vai nav sajaukuši žurnālu un paņēmuši rokā kādu nenopietnu izdevumu. Tomēr nē, šis tiešām ir jūsu iemīļotās "Zvaigžņotās Debess" lappuses un arī virsraksts ir itin nopietni domāts.

Lai cik tas šodienas skatījumā liktos neticami, tomēr ASV valdība un militāristi reiz pilnā nopietnībā bija sākuši veidot kodolraķeti – raķeti, kuru kosmosā (bum, bum, bum...) izvadītu apmēram 1000 kodolsprādzienu sērija. Tiešām šķiet neticami, tomēr gandrīz visi svarīgākie komponenti bija uzprojektēti un daudzi pat uzbūvēti un testēti. Arī šodien speciālisti uzskata, ka šādu kosmosa kuģi uzbūvēt bija (un arī tagad ir) pilnīgi reāli. Vēl vairāk, tiek lēsts, ka arī, kā moderni mēdz teikt, ietēme uz vidi būtu tik niecīga, ka mēs to šodien, ja tas būtu noticis toreiz, praktiski neizjustu.

Iz vēstures

Mēģinot rast atbildi, kā šāda ideja radās, jāieskatās pagātnē, turklāt krietni pirms t.s. kodollaiķmeta. Pirmajam 1881. gadā ideja par to, ka raķetes piedziņai varētu izmantot sprādzienu sēriju, esot radusies krievu sprāgstvielu ekspertam Nikolajam Kibaļčičam (Кибальчич, Николай Иванович). Vēlāk, jau 20. gs., vairāki Manhetenas projekta zinātnieki, no kuriem noteikti jāmin Staņislavs Ulams, izteikuši iespēju un pat veikuši aprēķinus tolaik vēl pilnīgi teorētiskam kosmosa kuģim, kura piedziņai varētu izmantot kodolsprādzienu sēriju.

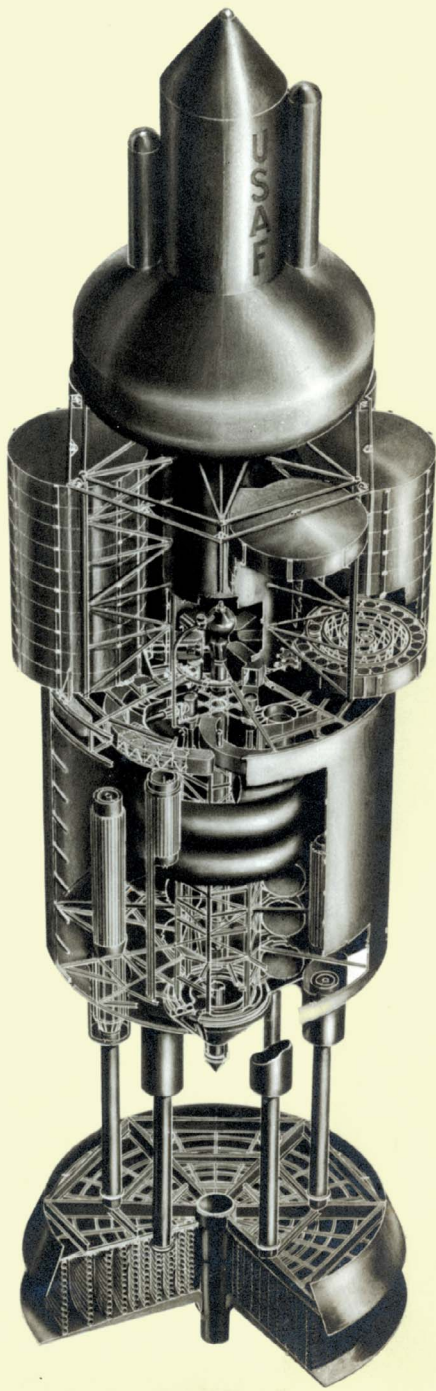
Reāls projekts 1958. gadā sāks aizsardzības kontraktu uzņēmuma *General Atomics*, Sandjego, Kalifornijā, paspārnē. Projekta vadītāji bija fiziķis Teds Teilors (*Ted Taylor*) un fiziķis teorētiķis un matemātiķis Frimens Daisons (*Freeman Dyson*).

Daisons jau kopš bērnības bija vēlējies kādudien doties kosmosā, un te nu šī iespēja

radās – piedalīties projektā, kas šo sapni varētu palīdzēt īstenot. Frimena Daisonsa dēls Džordžs Daisons ir sarakstījis grāmatu *Project Orion: The True Story of the Atomic Spaceship* (šā raksta autors diemžēl vēl nav atradis laiku tās izlasīšanai, bet to plāno un iesaka arī žurnāla lasītājiem). Grāmatas sarakstīšana prasīja trīs gadus, tomēr iegūt visu informāciju par projektu viņam tā arī neizdevās, jo vēl šodien, pēc daļējas atslepenošanas, tās daļa ir slepena. Galvenokārt tādēļ, ka *Orion* kosmosa kuģa piedziņai bija paredzēts izmantot atombumbas, ko iespējams izgatavot salīdzinoši lēti un lielā skaitā. Šādas tehnoloģijas

CALCULATION SHEET		GENERAL ATOMIC DIVISION OF GENERAL DYNAMICS CORPORATION	
SUBJECT		BY	W.D.
		DATE July 5 1958	LOCATION
<p>A Space-Traveler's <u>Traveler's Manifesto.</u> Freeman J. Dyson.*</p> <p>Either through inadvertence, or by a deliberate act of wisdom, the present American government has announced to the public that we are working on the design of a space-ship to be driven by atomic bombs. A propulsion system of this type was proposed several years ago by Stanislaw Ulam at the Los Alamos. The idea was repeatedly revived, improved, and energetically developed by Ted Taylor, who is now the leader of our study project at General Atomic. Since the the government announcement has been made, I feel free to to make public a personal statement of the hopes and aims which impel me to take part in this work.</p>			
<p>* On leave of absence from the Institute for Advanced Study, Princeton, N.J. Now at General Atomic Division of General Dynamics Corporation, San Diego, California.</p>			

F. Daisonsa kosmosa ceļotāja manifests.



Kosmosa kuģis *Orion* šķērs griezumā.

nonākšanu *nepareizajās* rokās neviens nevēlas. Pat dokuments, kurā Staņislavs Ulams apraksta savas idejas, vēl arvien ir slepens.

Par vienu no faktoriem, kas veicināja *Orion* projekta iesākšanu, noteikti uzskatāms tas, ka Padomju Savienība sekmīgi izvadīja orbītā *Sputnik 1* – pirmo Zemes mākslīgo pavadoni. Visi jau saprata, ka tikpat labi tā varēja būt arī atombumba, ko PSRS nu spētu nogādāt jebkur uz planētas. Sākās kosmosa apguves sacensība, kuras karstumā dzirdīgas ausis atrada arī projekti, kas citādi šķistu vismaz divaini. Tāds noteikti ir arī ASV valdības līgums ar jau minēto *General Atomics* par kodolraķetes izveidi.

Projekta ideja bija radīt kosmosa kuģi, kura piedziņai tiktu izmantota ārēji notiekošu kodolsprādzienu sērija. Nebija plānota sprādziena enerģijas novirzīšana. Pamatideja bija, ka tiktu izveidots kosmosa kuģis, kura apakšā būtu liela metāla plāksne ar caurumu vidū. Pa šo caurumu tad tiktu izmesti kodollādiņi, kas nelielā attālumā zem (aiz) kosmosa kuģa eksplodētu. Tādējādi sprādziena enerģija stumtu prom (uz priekšu) minēto metāla plāksni un tiktu panākts tās pārvietojums. Plāksne pie kosmosa kuģa būtu piestiprināta milzīgos amortizatoros, lai novērstu to, ka kodolsprādziens izārda kuģi.

Orion kosmosa kuģa izmērus galvenokārt noteica kodolsprādzienų jauda. Bija aprēķināts, ka mazākās jaudas kodolsprādziens, ko iespējams veikt, ir 0,03 kilotonnas (kt) (jūras līmenī). Pie šādas sprādziena jaudas kosmosa kuģa masa ir ap 880 t. Tomēr šāds kuģis tika uzskatīts par mazu un tika strādāts pie 4000 t kuģa versijas izveides. Šāda salīdzinoši liela kosmosa kuģa masa ir nepieciešama, lai tas netiktu izārdīts, jo nedrīkst aizmirst, ka piedziņas avots ir kodolsprādzieni. 4000 t kuģa diametrs būtu 40 m, augstums 60 m. Lai nokļūtu orbītā, būtu nepieciešami apmēram 800 kodolsprādzienų, kas notiktu 2-4 reizes sekundē un kuru jauda būtu 0,14 kt. Lietderīgā masa, ko varētu nogādāt Zemes orbītā, tad būtu 1600 t, misijai uz Mēnesi (ar nolaišanās) 1200 t, bet misijai uz Marsu (ar ieešanu orbītā, bet bez nolaišanās) 800 t. Tika veikti aprēķini un aplēsts, ka praktiskais maksimums *Orion* kosmosa kuģim būtu apmēram – 400 m diametrs, starta masa 8 000 000 t, vienas bumbas masa tad būtu 3000 t.

Līdz ar to, projektējot *Orion* klases kosmosa kuģi, tika izmantota pilnīgi cita pieeja nekā tradicionāli, kad viss tiek veidots, cik viegls vien iespējams, lai pēc iespējas samazinātu pašas raķetes svaru un palielinātu lietderīgās kravas daudzumu. Kā zināms, veidojot t.s. ķīmiskās raķetes, notiek

cīņa burtiski par katru kilogramu. *Orion* tika projektēts, ievērojot industriālas projektēšanas principus. Tādus, kas tiek ievēroti, piemēram, projektējot debesskrāpi. Kosmosa kuģis tiktu veidots no konstrukciju tērauda, un visas sistēmas tiktu veidotas līdzīgā garā.

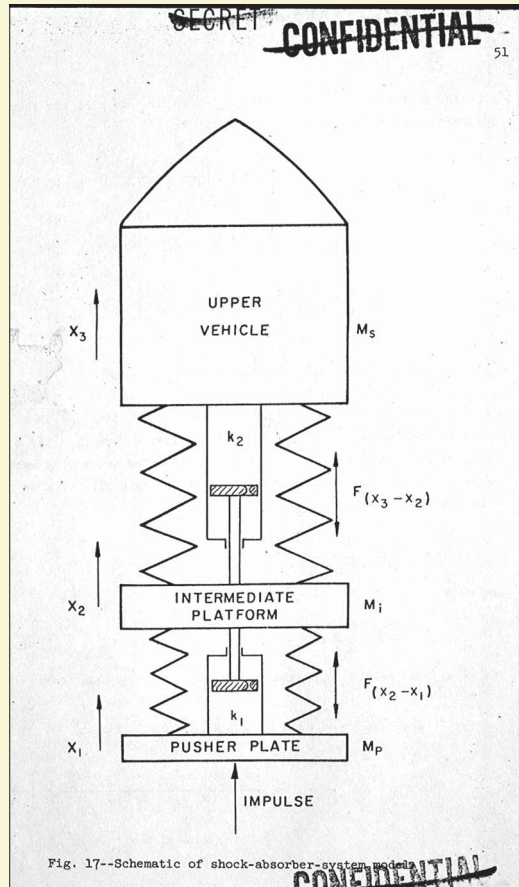
Jāatzīst, ka sākumā pati ideja, ka kosmosa kuģa piedziņai varētu izmantot kodolsprādzienu sēriju, saprotamu iemeslu dēļ šķita absurda. Galu galā bija uzskats, ka jau pēc pirmā sprādziena (kaut arī tikai 0,14 kt) kuģis iztvaikotu. Tomēr, apskatot pirmās kodolierīces *Trinity* testa vietu, atklājās, ka tornis, kurā tā bija uzstādīta, nav iztvaikojis, bet tikai sarādīts. Tātad, izgatavojot pietiekami izturīgu metāla plāksni, *Orion* tiešām varētu izmantot kodolsprādzienus kā piedziņas avotu.

Vēl vairāk, modeļa eksperimenti, izmantojot parastu sprāgstvielu, parādīja, ka sprādzienu sēriju tiešām iespējams izmantot kā piedziņas avotu. Turklāt to realizēt ir daudz vieglāk, nekā tika domāts. Atslepenotu kino materiālu, kurā redzami šie eksperimenti, iespējams noskatīties YouTube vietnē – <https://youtu.be/Pcidu6ppcFg> vai <http://ej.uz/ejuv>.

Tālāki eksperimenti parādīja, ka starp tērauda stūmējplati, kas uzņem sprādziena enerģiju, un pašu kosmosa kuģi, izvietojot amortizatorus, patiešām iespējams izveidot sistēmu, kurā pārslodzes kosmosa kuģa daļā būtu tādas, ka cilvēks tās spētu izturēt. Tātad bija eksperimentāli pierādīts, ka *Orion* klases kuģi tik tiešām ir iespējams uzbūvēt un sekmīgi pilotēt.

Liels izaicinājums bija izveidot mehānisku iekārtu, kas varētu sekmīgi, 2-4 reizes sekundē, izmest no *Orion* piedziņai izmantojamās atombumbas. Šādas iekārtas izveidē pieredze tika meklēta pat pie *Coca-Cola*, kuras stikla pudeļu uzpildes līnija varēja sniegt idejas konveijera tipa atombumbu piegādes mehānismam.

Pats vieglākais uzdevums bija paša *Orion* kosmosa kuģa izveide. Tā vārda vistiešākajā nozīmē būtu kuģubūve. Tika pieņemts, ka gadi-



Amortizatoru shēma.



Modeļa eksperiments, izmantojot parastu sprāgstvielu, lai noskaidrotu, vai sprādzienu enerģiju iespējams izmantot piedziņai.

jumā, ja nolemtu sākt *Orion* kosmosa kuģa būvi, šis uzdevums tiktu uzticēts *General Atomics* māsas kompānijai, kas nodarbojas ar atomzemūdeņu būvi. Zināšanas, kas vajadzīgas hermētisku zemūdeņu un tās sistēmu izveidei, būtu noderīgas arī kosmosa kuģa izveidei.

Orion starta platformu bija paredzēts veidot okeānā, lai mazinātu ietekmi uz cilvēkiem un vidi.

Runājot par ideju kā tādu, zinātnieku vidū nav viennozīmīgas attieksmes. Jā, ideja daudziem šķiet traka, bet citi, piemēram, sers Artūrs Klārks, to pat savas dzīves nogalē uzskatīja par ambiciozu, bet ne traku. Tiesa, par traku viņš sauc iespēju, ka kāds to tiešām realizētu.

Tomēr, kā zināms, tālāk par projektēšanu un dažu mezglu izveidi un testēšanu *Orion* projekts netika. Nesen izveidotajai NASA bija dots uzdevums uzvarēt kosmosa sacensībā vismaz attiecībā uz Mēnesi (jo pirmais pavadoņs, pirmais cilvēks kosmosā utt. bija PSRS lolojumi). Pirmais signāls tam, ka *Orion* dienas ir skaitītas, bija NASA izvēle par labu Vernerā fon Brauna veidotajai raķetei.

NASA vienkārši atteicās iesaistīties *Orion* projektā, jo tas bija slepens, bet tās kā publiskās aģentūras politika bija neiesaistīties

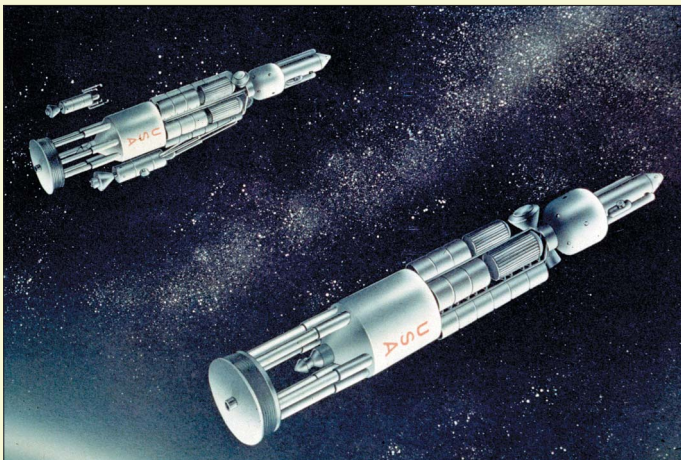


1959. gads. *Orion* komanda gatavo 1 metra modeļa eksperimentu. F. Daisons (ar portfeli) pa labi.

slepenos projektos. Šā iemesla dēļ *Orion* projekts nonāca ASV gaisa spēku pārziņā. Kaut arī gaisa spēkos bija cilvēki, kam bija izpratne par to, ka *Orion* būtu vismaz 1000 reižu efektīvāka nekā t.s. ķīmiskās raķetes, un bija cilvēki, kas projektu atbalstīja, tomēr nodrošināt nepārtrauktu finansējumu bija arvien grūtāk. Izrādījās, ka fakts, ka *Orion* varētu ātri nogādāt jebkurā vietā uz Zemes, piemēram, 200 karavīrus vai jebkuru lielāku kravu, nebija pietiekami pārliecinošs lēmējpersonu galvās. Turklāt tā bija būtiska novirze no sākotnējās ieceres par pilnīgi nemilitāru projektu. Bet ko gan varēja gribēt, ja projektu, galvenokārt tā slepenības dēļ, uzticēja militāristiem?

Lai tomēr nodrošinātu to, ka finansējums neapstājas, tika izgudroti viltus militāri *Orion* iespējamie lietojumi. Viena no šīm idejām ir, ka ar *Orion* varētu pacelt kosmosā un virs PSRS izvietot cik lielu fiziski iespējams ūdeņražā bumbu. Tas bija t.s. *pastarās dienas* projekts. Neviens par to nebija sajūsmā, bet finansējums *Orion* virzībai tika nodrošināts.

Cits projekts, kas izraisīja patiesu armijas vadības ģenerāļu interesi, bija t.s. *nāves zvaigznes* projekts. Kosmosā tiktu izvietota ieroču bāze, kas būtu spējīga veikt kodoluzbrukumu, kur un kad vajadzīgs. Tika pasūtīts automašīnas izmēru *Orion* modelis "pilnā kaujas konfigurācijā", ko atrādīt prezidentam Kenedijam. Šāda demonstrācija izrādījās liela kļūda. Kenedijam šāds projekts nepatika, jo viņš pamatoti uzskatīja, ka šāds ierocis noteikti nav nepieciešams un tā izveide ir nepieļaujama. Tas bija vēl viens iemesls projekta beigu sākumam. Arī publikas apziņa bija mainījusies un iedzīvotāji sāka protestēt pret virszemes kodolizmēģinājumiem, kas radīja radioaktīvo piesārņojumu. Radioaktīvais stroncijs 30 bija viens no ķīmiskajiem elementiem, kas tika konstatēts bērnu uzturā un organismos. Agrākie notikumi Japānā un citas ar kodolieročiem un to izmēģinājumiem saistītas lietas visu, kas saistīts ar *atom*, padarīja nepopulāru.



Orion iespējamās dažādās konfigurācijās.

Arī Frimens Daisons atzīst, ka viens no jautājumiem, kas viņam vienmēr ir bijis svarīgs, – cik cilvēku *Orion* radītais radioaktīvais piesārņojums ietekmēs. Aprēķini liecināja, ka katrs *Orion* starta pasaules mērogā nogalinātu no viena līdz 10 cilvēkiem. To atskārtis, Daisons nolēma, ka piekristu projekta realizācijai, ja izdotos šo rādītāju samazināt līdz 1/100 cilvēka.

Ironiski, ka Daisons bija iesaistīts kodolizmēģinājumus ierobežojošās un 1963. gadā pieņemtās vienošanās (*Partial Nuclear Test Ban Treaty*) izstrādē. Vienošanās paredz, ka kodolizmēģinājumus ir atļauts veikt tikai pazemē. Viņš gan atzīst, ka tas bija pareizs solis, tomēr tās bija arī *Orion* projekta beigas.

Tomēr *Orion* projekta laikā veiktie pētījumi daudzās saistītās nozarēs turpinās. Par to liecina kaut vai tas, ka daudz kas no šā projekta vēl arvien ir slepens. Pastāv pat uzskats: ja Zemei draudētu sadursme ar tiešām lielu asteroīdu, *Orion* projekta atdzīvināšana būtu vienīgā iespēja paglābt mūsu planētu no totālas iznīcības. Skaidrs, ka tādos apstākļos arī fakts, ka šādas raķetes starta radītie izmeši nogalinātu kādus 10 cilvēkus, neradītu ne mazākās šaubas par to, vai to darīt.

F. Daisons 1956. gadā ar dēlu Džordžu blakus un meitu Esteri (*Esther*) klēpī.

Intervija

Raksta noslēgumā e-pasta intervija ar Frimenu Daisonu, viņa dēlam Džordžam Daisonam piepalīdzot. Sarunāt, ka Frimens Daisons atbildēs uz maniem jautājumiem, bija pavisam vienkārši. Uzrakstīju viņam e-pastu un saņēmu atbildi, ka varu nosūtīt viņam savus jautājumus. Tiesa, kad tos nosūtīju, saņemtā atbilde bija: *“Pārāk daudz jautājumu. Došu tikai īsas atbildes. Ja vēlaties uzzināt vairāk, izlasiet mana dēla grāmatu “Project Orion” by George Dyson, (Henry Holt, 2002). Viņš ir rūpīgi savācis materiālu savam stāstam par projekta vēsturi.”*

Raitis Misa (RM): Izpētot tiešsaistē pieejamo informāciju, ir viegli noprast: ja būtu pieejams pietiekami liels finansējums un vēlme to tiešām darīt (ņemot vērā sekas), *Orion* kosmosa kuģis varētu tikt uzbūvēts un darbotos?

Frīmens Daisons (FD): Jā, *Orion* ir iespējams uzbūvēt un tas droši vien darbotos kā plānots. Bet ar lidaparātiem ir tā, ka nevar būt pārliecināts par to, ka tie patiešām darbosies, kamēr tie nav izmēģināti. Un jūs nevarat izmēģināt *Orion*, nepārkāpjot starptautiskās vienošanās par vides aizsardzību.

RM: Nedaudz tehniskāks jautājums. *Orion* raķetes projekts paredz izmantot lielu un



masīvu stūmējplati, kas kuģa kravas un pilotējamai sadaļai būtu piestiprināta milzīgos amortizatoros. Vai tiešām ir iespējams izgatavot šādu metāla gabalu, kas spētu izturēt 1000 un vairāk kodolspārdzienu, kas notiktu tiešā tā tuvumā? Un amortizatori. Saprotams, ka tiem ir kritiska nozīme. Vai bija paredzēta kāda rezervēšana gadījumā, ja notiktu kāda mehāniska kļūme?

FD: Stūmējplates izdzīvošana bija lielākais jautājums projekta laikā. Teorētiski aprēķini parāda, ka tai vajadzētu izturēt. Tomēr, lai teorija apstiprinātos, bija nepieciešamas veikt testus, kas netika izdarīti. Savukārt amortizatori tika uzbūvēti un sekmīgi notestēti, un darbojās stipri stabili un droši.

RM: Cik var noprast, vēlāk, kad bija skaidrs, ka nebūs iespējams no Zemes startēt ar atombombām, bija priekšlikums *Orion* pacelt Zemes orbītā, izmantojot daudzas raķetes, kas būtu līdzīgas tām, ko savulaik izmantoja *Shuttle* atspolkuģim. Ir skaidrs, ka šādu metodi nevar izmantot milzīgai *Orion* konfigurācijai, bet vai mazāku tā versiju šādi bija plānots izmantot, lai, piemēram, nogādātu uz Mēnesi kādu lielāku kravu?

FD: Ideja *Orion* nogādāt kosmosā ar parastajām raķetēm ir ekonomiski bezjēdzīga. *Orion* bija salīdzinoši lēts tikai tad, ja tas paceltos un nokļūtu kosmosā, izmantojot bumbas. Ideja izmantot ķīmiskās raķetes bija tikai izmisīgs mēģinājums glābt projektu, jo pēc kodolizmēģinājumu daļēja aizlieguma atombumbu izmantošana atmosfērā kļuva nelegāla.

RM: Pastāstiet, cik daudz iespējams slepenības apsvērumu dēļ, par kodolierīcēm, ko bija plānots izmantot *Orion*. Kodollādiņš bija tikai neliela daļa no kopējā lādiņa. No kā šīs bumbas tika gatavotas?

FD: *Orion* bumbas bija stipri atšķirīgas no militārajām atombombām, jo mēs varējām izmantot lielu daudzumu parastās (ķīmiskās) sprāgstvielas. Ieročos izmanto nelielu daudzumu parastās sprāgstvielas. Mūsu bumbas drīkstēja būt lielas un *neveiklas*, bet ieročiem jābūt kompaktiem. Mūsu bumbas bija pare-

UNCLASSIFIED

GENERAL ATOMIC
Division of General Dynamics Corporation

John Jay Hopkins Laboratory
for Pure and Applied Science

GAMD-490

This document consists of 12
Number 4 of 10 copies, Series

CLASSIFICATION CANCELLED

Per: Doc
By: RDK 1-27-73

TRIPS TO SATELLITES OF THE OUTER PLANETS

Revised	Chg.	Date
RES	U	12/2/51
WHC	U	12/6/51

[REDACTED]

Work done by: Freeman J. Dyson

Project No. 52

This document, which was prepared primarily for internal use at certain times, contains preliminary or incomplete data. It is informal and does not, therefore, represent a final report.

Report written by: Freeman J. Dyson

August 20, 1958

UNCLASSIFIED

Atslepenota F. Daisona ziņojuma titullapa par ceļojumiem uz ārējām planētām.

dzēts izgatavot galvenokārt no viegliem elementiem, piemēram, oglekļa, slāpekļa un skābekļa. Tas radija grūti caurredzamu atlūzu mākonī, kas triecās pret stūmējplati. Sīkākas detaļas vēl arvien ir slepenas, bet tur nav nekā daudz tāda, ko varētu izmantot militāristi, veidojot savus ieročus.

RM: Nākamais jautājums ir mazliet netaktisks. Kļūst runas, ka *Orion* projekts tika sākts ar mērķi, lai viņi varētu Jūs piespiest radīt kompakto kodolieroci. Lūdzu, komentējiet, cik daudz no Jūsu darba tika izmantots kodollielgabala izveidei? (Piebilde: 20. gs. 50. un 60. gados ASV un citu valstu arsenālā bija lielgabala lādiņi – taktiskās atombumbas.)

FD: Atbilde ir vienkārša. Artilērijas lādiņi ir kompakta ekstrema izpausme. Tas ir pilnīgi pretēji tam, ko izstrādājam mēs priekš *Orion*. Labi, ka ASV arsenālā vairs nav artilērijas kodolieroču.

RM: Par projekta realizāciju. Kāds, jūsu prāt, ir galvenais iemesls, kādēļ projekts tomēr tika pārtraukts, proti, netika rasts risinājums to turpināt? Ir viedoklis, ka ASV valdībai vienkārši nebija reālas misijas vai uzdevuma, kam izmantot *Orion*, cits viedoklis ir, ka pie vainas ir NASA veiksmīgā raķešu programma, vēl citi domā, ka pie vainas ir kodolieroču izmēģinājumu ierobežojošā vienošanās (*Partial Test Ban Treaty*). Jūsu viedoklis?

FD: Uz šo jautājumu esmu sniedzis detalizētu atbildi savā publikācijā žurnālā *Science* ("Death of a Project", *Science magazine*, vol. 149, 141-144, 1965). Visi minētie iemesli veicināja projekta pārtraukšanu. Vēl viena nozīmīga lieta ir, ka tas bija slepens projekts. Daudzi, kas ticēja sekmīgai kosmosa apgūvei, nevēlējās, lai mūsu [ASV] centieni kosmosa apgūvē būtu slepeni.

RM: Raugoties no šodienas perspektīvas, kā Jūs domājat, kā pasaule šodien atšķirtos, ja toreiz 70-ajos *Orion* būtu uzbūvēts un startējis? Un vai Jums ir prātā kāda ideja, kāpēc šodien varētu būt nepieciešams būvēt *Orion* tipa kosmosa kuģi? Varbūt lai atvairītu milzīgu asteroīdu? Ir skaidrs, ka kosmosa izpētei un starpplanētu lidojumiem šāds kuģis tuvākajā laikā izmantots netiks.

FD: Atšķirība starp 70-ajiem un šodienai ir tāda, ka tad, lai paveiktu to, ko šodien var paveikt ar vienu tonnu smagu lietderīgo kravu, vajadzēja tūkstoš tonnu lietderīgās kravas. Instrumenti, komunikāciju sistēmas un datori veikspējas ziņā, saglabājot apmēram to pašu izmēru un cenu, ir tūkstoškārt pārāki par to, kas bija pieejams tad. Ja mums būtu *Orion* kuģis, kas spētu vest tūkstoš tonnas lietderīgās kravas, šodien tam nebūtu piemērota uzdevuma. Un, ja *Orion* būtu uzbūvēts 70-ajos, tas jau sen būtu novecojis un netiktu izmantots.

RM: Lūdzu, pastāstiet mūsu lasītājiem par citu ar kosmosu saistītu Jūsu ideju – Daisona sfēru. Kā jūs domājat, vai mums kā civilizācijai kādreiz (tālākā nākotnē) radīsies nepieciešamība ko līdzīgu veidot? Varbūt nav nepieciešams doties uz citām planētām, lai nākot-

nē atrisinātu pārapdzīvotības un resursu pārmērīgas izmantošanas problēmu? Tik vien kā jāizmanto asteroīdu joslā pieejamais materiāls, lai izveidotu apdzīvojamu Daisona sfēru.

FD: Daisona sfēra ir pārpratoms. 1960. gadā žurnālā *Science* es uzrakstīju rakstu "Mākslīgu infrasarkanā starojuma zvaigžņu avotu meklējumi" (*Search for Artificial Stellar Sources of Infrared Radiation*). Raksts bija par iespējamību meklēt citplanētu civilizācijas. Kad nosūtījām kosmosā pavadoņus, lai veiktu infrasarkanā staru novērojumus, izrādījās, ka eksistē miljoniem dabīgu avotu [infrasarkanā staru], kas sastāv no karstām zvaigznēm, ko ietver putekļu miglāji. Pētījums izgāzās. Nav nekādas iespējas noteikt, vai kāds no šiem avotiem ir mākslīgi radīts. Tādēļ tam nav nekāda sakara ar jūsu jautājumu. Zinātniskās fantastikas rakstnieki pārprata to, ko es rakstīju.

CALCULATION SHEET		GENERAL ATOMIC DIVISION OF GENERAL DYNAMICS CORPORATION				G = 6.668 x 10 ⁻⁸ dynes/cm ² /gram ²	
SUBJECT		DATE				SHEET LOCATION	
Outer Planat Satellite						M _E = 5.977 x 10 ²⁷ gm r _E = 2385 1 gram = 3.15 x 10 ³ lbs.	
	Jupiter 5	Io	Ganymede	Mimas	Erebus	Titan	
D Distance 10 ⁶ Km	1.81	4.22	1.071	1.86	2.38	1.223	
M	?	7.9	153	0.38	0.7	137	
Radius 10 ³ Km	8.0	1660	2470	260	300	2500	
M Minimum mass 10 ²⁴ gm	1.90	1.90	1.90	0.57	0.57	0.57	
R Minimum radius 10 ³ Km	71.4	71.4	71.4	60.4	60.4	60.4	
Satellite Gravity Gm/Km ²	?	1.91	167	3.75	5.20	14.6	
Satellite density M/(4/3 π r ³)	?	4.12	2.43	0.518	0.618	2.09	
Satellite orbit radius velocity √GM/D	26.4	17.3	10.9	14.2	12.6	5.56	
Satellite escape velocity √2GM/r	?	2.51	2.87	13.9	17.6	2.70	
Minimum radius velocity	61	61	61	37	37	37	

Ārējo planētu pavadoņu parametru apkopojums, ko sastādījis F. Daisons.

RM: Varbūt ir kas interesants, ko vēlaties pateikt mūsu lasītājiem, tikai es to nepajautāju?

FD: Kosmisko ceļojumu nākotne nav milzīgi neveikli kosmosa kuģi kā *Orion*, bet gan publiski lielceļi, kas sastāvēs no maziem kuģiem, kas pārvietosies ļoti ātri. Enerģiju tiem nodrošinās lāzera vai mikroviļņu stari. Publiskajiem lielceļiem ir trūkums – tos ir ļoti dārgi izveidot un tie kļūst ekonomiski izdevīgi tikai tad, ja ir pietiekami liela transporta plūsma, lai tie būtu visu laiku noslogoti. Tas droši vien notiks mazāk nekā simts gadu laikā. Tā kā kravas nogādāšana kosmosā, kā enerģiju izmantojot lāzera staru, aizņem apmēram piecas minūtes, nepieciešamā sistēmas noslodze ir apmēram simts tūkstoši kosmosa kuģu gadā.

RM: Un pēdējais jautājums. Mēs visi zinām, ka diži prāti ir “pilni ar stāstiem”. Lūdzu, pastāstiet mūsu lasītājiem ko interesantu no sava stāstu krājuma. Varbūt tie ir kādi gudri vārdi lasītājiem šeit Latvijā. Esam neliela nācija, bet mūsu vidū ir daudz zināt un kaut ko aizraujošu darīt kāru cilvēku, tāpat kā Jūs.

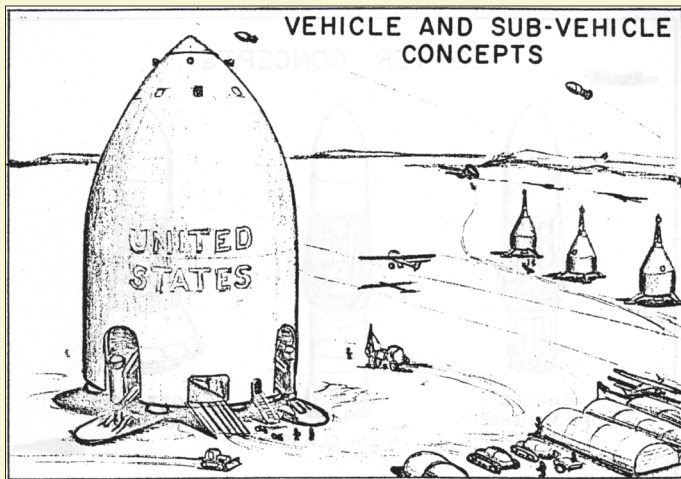
FD: Vēstījums cilvēkiem Latvijā. Mazas valstis zinātnē var sasniegt daudz, ja tās specializējas, izvēloties kādu zinātnes nozari, kam veltīt pūles. Mūsu pētniecības institūta (*Institute for Advanced Study*) ir aktīva astronomu grupa, kurai ir trīs darba valodas – angļu, holandiešu un ebreju. Angļu ir starptautiska valoda, holandiešu un ebreju ir mazu valstu valodas, Nīderlande un Izraēla ir specializējušās astronomijā un tām ir ievērojami sasniegumi.

Ar cieņu

Frimens Daisons

pensionēts profesors, Padziļināto pētījumu institūts, Prinstona, Ņūdžersija, ASV (*Retired professor, Institute for Advanced Study, Princeton, New Jersey, USA*)

(Intervijas e-pasta beigās)



Orion un palīguķu konceptuāla skice.

Attēli no Džordža Daisona ar tiesībām izmantot publikācijai par Orion

Lai precizētu jautājumu par rakstā agrāk minēto smagsvara *Orion* versiju, jautājumu par tā iespējamo izveidi uzdevu **Džordžam Daisonam**.

Viņa atbilde: 8 000 000 tonnu *Orion* nebija reāla kuģa projektējums, tas bija ekstremāls piemērs, kas, ņemot vērā fizikas likumus, parādīja, cik lielu kosmosa kuģi ir iespējams uzbūvēt. Tā piedziņai būtu jāizmanto ļoti lielas ūdeņraža (kodolsintēzes) bumbas. Reālu *Orion* kuģu, kas paceltos no Zemes, projekti bija daudz mazāki (4000 un 10 000 tonnu). To piedziņai tiktu izmantotas daudz, daudz mazākas atombumbas (kodolsabrukšanas) ar jaudu no 0,1 līdz 15 kilotonnām. Tika lēsts, ka viena 4000 t kuģa palaišana radītu piesārņojumu, līdzvērtīgu 1 Mt virszemes kodolizmēģinājuma radītajam. Tolaik ASV un PSRS kopējais radītais radioaktīvais atmosfēras piesārņojums, veicot kodolizmēģinājumus, pārsniedza 100 Mt gadā. Tātad *Orion* starta ietekme būtu apmēram viena procenta ietvaros gadā. 🐦

CEĻI TUVI – CEĻI TĀLI

(2. turpinājums)

1954. g. 13. janv. Zenta no Rīgas: “2./3. janvāra naktī es dežurēju Institūta ēkā Altonavas ielā pie Māras ezera. Tā man arī 3. janvāris iznāca brīvs. Tur jau uz krēsliem gulēt var, bet tomēr lāga izgulēšanās nav. Tāpēc otrā dienā priekšpusdienu jānoguļ. ..Nupat ir iespiesta Ikaunieka grāmata “Debess spīdekļu pasaulē”. Viņš jau bija dabūjis autora eksemplārus, bet pārdošanā vēl nav. Kad būs, tad [Tev] aizsūtīšu.”

30. janv. no Rīgas rakstu vecākiem: “..jau vairāk kā nedēļu remontē Institūta telpas, tāpēc ejam tikai no rīta parakstīties un tad braucam mājās strādāt. Šad tad gan jāpasēž tur – jādežurē vai kas cits [jādara]. .. Mēnes aptumsumu novērojām no Universitātes jumta, bijām kādi 15 novērotāji. Ar šādiem tādiem instrumentiem un binokļiem noteicām kontaktu momentus. Vakarā vēl bija apmācies, bet jau pēc divpadsmitiem sāka skaidroties, un uz aptumsuma sākumu bija pilnīgi skaidra debess. Tikpat labs laiks pieturējās līdz pašām beigām, kad atkal sāka parādīties mākoņi. Novērojumus sūtīsim publicēšanai Astronomiskajā cirkulārā.

Katru nedēļu klausāmiejs lekcijas filozofijā, tikpat bieži ir semināri, tos vada Valeskalns. Šogad man pēc plāna jānoliek eksāmens, tāpat arī svešvalodā. Vasarā atkal būs jābrauc uz Krimu.

Vai Valmierā ir bijis pārdošanā Astronomiskais kalendārs un vai pietiekošā daudzumā vai par daudz? Ikaunieka grāmata, cik saprotu no vēstules, Valmierā ir dabūjama. Tā jau iznāca lielā tirāžā: 10000. .. Rīgā rādīja astronomiskas filmas. Atjaunotā Pulkova – dokumentāla f.[ilma] mums bija visinteresantākā, jo tur redzējām daudz pazīstamu cilvēku. .. rādīja arī fantastisku multiplikācijas filmu Lidojums uz Mēnesi. Ja tās filmas būs Valmierā, ieteicu aiziet.

Tuvojas vēlēšanas, un jāsāk atkal iet pie vēlētajiem. Man gan tagad tikai 2 dzīvokļi ar 6 vēlētajiem, tā ka nekas briesmīgs nav.”

11. febr.: “Mums remonts Institūtā jau beidzies. Šodien vēl izbonierēja parketu. Tagad atkal jāstrādā šeit no rīta līdz vakaram.”

21. febr.: “Šovakar sešos man atkal jāiet dežurēt līdz rītam.”

20. martā: “Bijušo rātsnamu (pie pont.[onu] tilta) jāuc nost, vēl ilgi strīdējās, vai atjaunot vai ne, bet nu laikam nolēmuši nojaukt. ..

Šovakar Ikaunieks rīko balli par savas grāmatas izdošanu. Piedalās Sektora darbinieki un vēl daži. .. Ja brauc, lai atved manas lekciju piezīmes. .. Galvenais mani interesē vēsturiskais materiālists.”

1. apr. Zentai uz Maskavu: “Vakar .. zvana [Fizikas institūta] direktors un prasa mani pie tālruņa. Kad padzirdēja manu balsi klausulē, .. konstatēja, ka nav tas, ko vajaga. Viņš gribējis “suprugu”. Es saku, tikko izbrauca komandējumā. Un tad sāka prasīt, kur Tava brošūra? .. iedevu trubu Kalniņai, un viņa atkārtoja, ko Ik-s teica, ka Izdevniecībai tagad ir iedota viņa grāmata un ka ir ko nodarboties ar to. Izrādās, ka Izdevniecība sūdzējusies, ka Fizikas institūts nav iesniedzis. Igors izmetis, ka nebūtu Tevi laidis komandējumā, būtu zinājis to. Būšot vai jāsauca atpakaļ. Lai sniedzot iekšā, kāda ir. Tad jau vēl varēšot papildināt. Mēs izmeklējamies, bet acimredzot ir pie Ik-a mājās. Tā arī Kalniņa pateica, ka rokraksts ir gatavs, bet Ik-s paņēmis pie sevis izredīgēšanai un tāpēc nevar dabūt. Igors dusmīgi noteicis “horoso”.

Tad zvanija no “Pad.[omju] Jaun.[atnes]”, ka vajagot rakstu: Liepājā redzētas debess zīmes: trīs Saules bijušas redzamas parastās vienas vietā. Lai par to prātīgu apcerējumu sastādot. Esot kāds no Liepājas .. pieprasījis.

Tagad ļaudis tur par to parādību vien spriežot. Tā nu Daube jau otro dienu lasa brošūras un dzejo. .. Gāju uz Rīgu – pontontilts. Gadījās tur arī Leonids. Tiešām lk-s Kriksim runājis par aspirantūru. .. Diriķis ieradās tikai ap 17:00, esot atkal vilciens par 3 stundām kavējies. Divas grāmatas nav dabūjis. .. Vēl Saša meklēšot Ļeņingradā. Arī Eelsalu atsūtījis dažus Krimas diapozitīvus. Kameras Tallinā neesot. Būšot jābrauc uz Ļovovu. Līdz aptumsumam aizņēmiem no Tartu AO attiecīgo objektīvu un Pulkovā taisīs kameru. .. "Sauls aptumsuma" 5000 eksemplāri šodien nodoti bāzei, bet pārējais simts vēl nav bijis. To rit varēs dabūt izdevniecībā."

2. apr.: "Nupat saņēmām aptumsuma brošūru. Sūtīsim uz observatorijām."

2. apr. Zenta Maskavā: "Institūtā .. apzīmogoju komandējumu. .. sēžu bibliotēkā un gaidu lk. Mani te ņēma prefī tikai uz vecas pazišanās pamata, jo nav nekādu papīru līdz. Redzēs, kā lk. to lietu nokārtos. Dabūju dzirdēt arī pēdējo jaunumu – tieši šodien sarakstās Vaļa (no Laika dienesta) ar Mišu K]. .. Pēc pusdienām bija atradies lk., un no trim līdz pusseptiņiem sēdējām zv.[aiģžņu] astronomijas katedras sēdē. Aizstāvēja kursa darbus 3. un 4. kursa studenti."

5. apr. Zenta: ".. sestdien ap 13-iem bija Institūtā arī lk. Viņš iepriekšējā vakarā bija bijis pie Parenago mājās Ļeņina kalnos un it kā visu sarunājis. Arī sestdien vēl drusku runāja, bet es no tā gudrāka netiku. Man liekas, ka arī lk. nav viss pārāk skaidrs .. divos mani atlaida.."

5. apr. Zentai no Rīgas: "Diriķis izgudroja, ka vakarā jānovēro pārklāšana. .. aizbraucu uz LVU AO. Bija Diriķis, Kauliņa. Šteins arī uznāca paskatīties, jo šovakar viņam jāobservē. Pirmo zvaigzni 8:40 nevarēja redzēt, jo vēl bija gaišs. Tā kā bija tikai divi instrumenti (pie Maksutova netika klāt, jo Diriķis vairs nezina, kur līcis atslēgu), negaidīju un braucu mājās. Kad direktors apzīmogoja pilnvaru, teica, lai aizrakstot Tev un pajautājot, kur ir brošūras rokraksts. Es

teicu, ka jau aizrakstīju. Jā, Grīva iet prom. Kirko uzlika rezolūciju uz lūguma ar 10.IV atbrīvot. Dabūjis Ped. inst. vietu. Nez, ko par to teiks lkaunieks."

8. apr. Zenta: "No 9 līdz 18 rakstu kartītes tā, ka galva kūp un rokas sāp, bet lk. diezgan slinks palīgs, un tāpēc diez cik ātri neiet. Vēl grūtāk laikam ies ar īpatnējo kustību meklēšanu. .. Šeit visi runā par Pulkovas atklāšanu, būs speciālas medaļas dalībniekiem. Sakarā ar to Tev šādi lk. rīkojumi: 1) Tev vienam vai kopā ar Kalniņu jāiet uz izdevniecību pie dir.[ektora] Ložinska un jāprasa, lai Труды V būtu gatavi vēlākais 15. maijā, jo tie jāņem līdz uz Pulkovu, kur būs pad.[omju] izdevumu izstāde un iespējama apmaiņa; 2) Šai pašā sakarībā, ja jums nav pietiekama daudzuma krājumā, tad jānopērk kādi 20 "Aptumsumi", ko ņemt līdz; 3) Tev kopā ar Diriķi jāsadabū Rīgā (Sektorā vai Observatorijā) Gēliņa raksts par magnētismu (Diriķis zināšot) un jāsūta Mustelim uz Krimu. Ja Tu labi uzvedīšoties, tad Tevi varbūt paņemsot līdz uz Pulkovu, jo 23. maijā tur būs Maiņzvaigžņu konference."

9. apr. Zentai no Rīgas: "Grīva no rītdienas vairs nenāks, esot jau pavēle par atbrīvošanu ar 10. IV. Diriķis .. jau pirmdien braukšot uz Tartu sakarā ar aptumsumu. Vakar stiepām no Universitātes visādus krāmus, sarūsējušus un nokūpējušus. Ar APŠ [paralaktisko montējumu] vēl nekas nav darīts. Mēs tagad trīs vien paliekam, pie tam Kalniņa bieži ir prom, vai nu poliklinikā, vai sēdēs. Viņa atskaitījās par Sektora ceturkšņa plāna izpildi. .. Zepe tagad katru dienu no rītiem sēž pie mums. Arī Taksars šad tad mazajā istabē. Aizvakar saņēmām no lk-a 2 telegrammas attiecībā uz Grīvu – viena foto, otra parastā, pilnīgi identiskas. .. Viņš raksta, ka piekrīt, bet lai (Kalniņa) meklējot piemērotu vietnieku. Pietiecās jau Zepe. Viņai pie Čudara pat neesot kur sēdēt."

12. apr. Zenta: ".. pabeidzu rakstīt kartītes no kartīšu kataloga, sestdien rakstīju no tā Vilsona. Tālāk nezīnu, ko darīt. lka-

nieks arī ne velna nesaprot. Man tā liekas, ka es būšu izrakstījusi priekš viņa radiālos ātrumus un ar to viss beigsies. Ja es kaut cik saprastu, tad pati prasītu Pāvelam Petrovičam. Lasu šādas tādas brošūras par laiku. Ja direktors vēl Tev prasa tekstu, tad saki, ka pie lk."

12. apr. Zentai no Rīgas: "... pašreiz mēs ar Kalniņu vien esam Sektorā. Tos Gēliņa rakstus te nevar dabūt, viens ir, bet tas bibliotēkās. Viņam ir vēl divi # 4 un # 5 "Korpuskulu horizontālā aizlidojuma no Saules iemesli" un "Ar lieliem ātrumiem no Saules aizlidojošo elektriski lādēto korpuskulu ceļi". Tie ir 1941. g. Domāju, ka īstais ir # 3 "Sakarī starp Saules plankumu darbību un Zemes magnētiskā lauka perturbācijām", 1928. g. Vienīgi viens # 5 te ir lieks. Nezinu, kā LVU. Ar tabulām tā: drīz būs pirmā korektūra izskatīta, vēl nāk kādas 2 loksnes. Kalniņai teicu par to, ko rakstīji. Un "Aptumsumu" jau dabūs katrā laikā, tā ka to tagad nemeklēsim. Dīriķis šovakar brauks uz Tartu. Saša šodien viņam atrakstījis un atsūtījis VAGB darba līgumu ar Pulkovas mehāniķi par kameras ar 75 cm fokusu izgatavošanu. Pirmā kamera jau esot gatava. Cerams, ka dabūs Sašam pilnvaru kameras izņemšanai."

14. apr. Zenta: "Institūtā rakstiju kartītes līdz 8-iem vakarā. .. Ko rakstīt izrādās daudz vairāk, nekā lk. bija paredzējis. .. Pašlaik rakstu no GC, tur būs ap 2500 K-M zvaigžņu, bet es 10 stundās (no 9 rītā līdz 8 vakarā) varu uzrakstīt ap 500. Rakstiju arī no citiem katalogiem, un vēl no kādiem 2 jāraksta. lk. arī jāraksta vēl rad.[iālie] ātrumi, bet viņš tik blandās riņķī. Tomēr vēl nekā nav nokārtojais. Par chronometru nemaz nav interesējies, sakarā ar observatorijas būvi vajagot Peivi, bet tas tikko aizbraucis uz Rīgu, un būšot atpakaļ 19. IV. Zepe atsūtījusi lūgumu, lai viņu pārskaita mūsu Sektorā. lk. laikam piekritīs.. lk. gudro ņemt rudenī pie mums Charitonovu Andreju par radioastronomu, viņš beidz aspirantūru. Piekdien no rīta būs katedras sēde, bet vakarā 18-os va-



No Koškas kalna var palūkoties uz Dīvas klinči.

jadzētu tikt MVU Ņeņina kalnos. Tur būs 2 astronomiski referāti no cikla "Ломоносовские чтения" [Lomonosova lasījumi]. .. Pirmdien gluži negaidīti nokļuva uz Uķosova "koncertu". Ikaunieks piedāvāja biļeti, šis iepazīnīes ar kādu biļešu pārdevēju, un šī, gribēdama parādīt sevišķu uzmanību, pārdevusi 2 biļetes uz Uķosovu, jo pēc tām Maskavā plēšoties tāpat kā Rīgā. lk. pats katru vakaru kaut kur ejot. Stāstīja man, kādus brīnumus redzējis cirkā. Bet no tā Uķosova gan pilnīgi nekā nav, švaks cirks, vairāk nekas."

18. apr. Zenta: "... šodien sēžu un rakstu kartītes. lk. vakar piesolīja biļeti uz teātri, ja es šodien ar mieru strādāt. Es padomāju un piekritu. Ko rakstīt vēl tik daudz, ka baidos nepaspēt līdz piektdienai. .. Tā es šovakar iešu uz Padomju Armijas teātri, uz kādu tur "Весенний поток" [Ravasara straume]. Kartīšu mums jau tik daudz, ka lk. taisās čemodānu pirkt. Piektdienas vakarā biju Ņeņina kalnos, izstaigāju visu Mech[ānikas] mat.[emātikas] fak.[ultāti]. Pirmais referāts bija ļoti garš, un es no tā neko nesapratu. Otro lasīja Voroncovs-Veljaminovs par jaunajiem teleskopiem un rādīja bīdes. Viens (laikam 50 cm) jau gatavs, otru (75 cm) vēl taisa... Gēliņam tas raksts: LU raksti 20, # 3, 1929. Ja esot kāds cits lieks, lai sūtot to arī."

(Turpinājums sekos)

MĀRIS KRASTIŅŠ

LATVIJAS 43. ATKLĀTĀ SKOLĒNU ASTRONOMIJAS OLIMPIĀDE

2015. gada 16. un 25. aprīlī norisinājās Latvijas 43. atklātā skolēnu astronomijas olimpiāde. Olimpiādi organizēja Latvijas Astronomijas biedrība (LAB) un Latvijas Universitātes (LU) Fizikas un matemātikas fakultāte sadarbībā ar SIA *Omicron* (interneta veikalu www.ieskaties.lv) un žurnālu "Zvaigžņotā Debess".

Lai veicinātu interesi par astronomijas olimpiādi visos Latvijas novados, šogad olimpiādes organizatori nolēma izmantot jaunāko tehnoloģiju priekšrocības un olimpiādes pirmo kārtu 16. aprīlī rīkoja tiešsaistē internetā, izmantojot LU Moodle vidi. Šāds jaunievedums pilnībā attaisnoja uz to liktās cerības, jo, salīdzinot ar iepriekšējiem gadiem, skolēnu interese par olimpiādi bija ievērojami palielinājusies. Olimpiādes pirmajā kārtā bija pārstāvētas mācību iestādes no Rīgas, Jūrmalas, Ķekavas, Tukuma, Skrīveriem, Balviem un Daugavpils. Kopumā pirmajā kārtā piedalījās 34 skolēni, kuri, pateicoties tehnoloģiju iespējām, uzreiz pēc pirmās kārtas nobeiguma varēja uzzināt savus rezultātus. Ņemot vērā tehnoloģiju specifiku, daži jaunievedumi bija veikti arī pirmās kārtas uzdevumos. Pirmajā uzdevumā olimpiādes dalībniekiem bija jāatbild uz 10 testa jautājumiem, bet četri pārējie uzdevumi pēc to struktūras bija līdzīgi iepriekšējo gadu uzdevumiem. Vissekmīgāk olimpiādes pirmās kārtas uzdevumus atrisināja Rīgas Valsts 1. ģimnāzijas 12. klases skolnieks Emīls Senkāns, kurš ieguva 39 punktus no 50 iespējamiem. Otrajā vietā ar 35 punktiem ierindojās Rīgas Valsts 1. ģimnāzijas 12. klases skolniece Anna Dārija Roze,

bet trešo labāko rezultātu ar 33 punktiem sasniedza Rīgas Valsts 1. ģimnāzijas 12. klases skolnieks Valdis Emīls Popēns.

Olimpiādes otrajā kārtā, kas 25. aprīlī norisinājās LU Frīdriha Candra – kosmosa izpētes muzejā, piedalījās 13 skolēni. Šajā kārtā dalībniekiem bija tradicionāli klātienē jāatbild uz trim teorētiskiem jautājumiem par Saules sistēmu, Galaktiku un Visumu. Olimpiādes dalībnieku atbildes vērtēja *Dr. paed.* Ilgonis Vilks, *Mg. phys.* Kristīne Adgere, *Mg. phys.* Kārlis Bērziņš, *Mg. phys.* Mārtiņš Keruss un šo rindu autors. Uz otrās kārtas jautājumiem vissekmīgāk atbildēja un 34 punktus no 40 iespējamiem ieguva Tukuma 2. vidusskolas 11. klases skolniece Viktorija Leimane, bet pa 31 punktam ieguva Daugavpils 12. vidusskolas 12. klases skolnieks Ilmārs Kusiņš, Rīgas Valsts 1. ģimnāzijas 12. klases skolnieks Martins Daņisevičs un E. Senkāns.

Kopvērtējumā par **olimpiādes uzvarētāju**, iegūstot 70 punktus no 90 iespējamiem, kļuva **Emīls Senkāns**. **Otrajā vietā** ar 62 punktiem ierindojās **Valdis Emīls Popēns**, bet **trešajā vietā** ar 56 punktiem ierindojās **Ilmārs Kusiņš**. Atzinība tika izteikta V. Leimanei, Rīgas Valsts 1. ģimnāzijas 12. klases skolēniem Ernestam Ozoliņam, A.D. Rozei un Dāvim Pazaram.

Noslēgumā olimpiādes godalgoto vietu ieguvēji saņēma LAB diplomus, "Zvaigžņotās Debess" numurus un citas olimpiādes organizatoru sarūpētās balvas. E. Senkāns saņēma arī speciālbilvu no LAB un www.ieskaties.lv – binokli *Celestron Skymaster* (15x70).

Informācija par Latvijas 43. atklāto skolēnu astronomijas olimpiādi ir pieejama LAB mājas lapas www.lab.lv sadaļā "Olimpiādes". Šajā pašā sadaļā būs atrodama informācija arī par nākamo Latvijas 44. atklāto skolēnu astronomijas olimpiādi, kas tiks rīkota 2016. gada pavasarī.

OLIMPIĀDES UZDEVUMI UN TO ATRISINĀJUMI

1. uzdevums. Saules aptumsums

Ceļotāju grupa no Latvijas Eiropas ziemeļu daļā novēroja pilnu Saules aptumsumu.

1. Novērojums veikts 2015. gada 20. marta pusdienlaikā. Mēness fāzu maiņas periods ir 29,5 dienas.

A. Kādā fāzē bija Mēness?

Atbilde. Jaunmēness/Pirmais ceturksnis/Pilnmēness/Pēdējais ceturksnis

Atrisinājums. Saules aptumsums var notikt tikai jaunmēness fāzē.

B. Kurā datumā iespējams nākamais tuvākais aptumsums?

Atbilde. 2015. gada 4. aprīlī

Atrisinājums. Nākamais tuvākais aptumsums var notikt tuvākajā pilnmēness fāzē jeb pēc $29,5 / 2 = 14,75$ diennaktīm. Pie laika momenta 20,5 (jo ir 20. marta pusdienlaiks) pieskaita 14,75, atņem 31 (dienu skaits martā) un iegūst 4,25. Nākamais tuvākais aptumsums var notikt 2015. gada 4. aprīlī.

C. Vai tas ir Saules vai Mēness aptumsums?

Atbilde. Saules aptumsums/Mēness aptumsums

Atrisinājums. Pilnmēness fāzē ir iespējams tikai Mēness aptumsums.

2. Pieņemsim, ka aptumsuma maksimuma brīdī Saule atradās augšējā kulminācijā pavasara ekvinokcijas punktā. Tās leņķiskais augstums bija 12° . Novērojumu vieta atrodas 15° uz austrumiem no Griničas meridiāna.

A. Cik liela ir Saules deklinācija?

Atbilde. 0 grādi

Atrisinājums. Pavasara ekvinokcijas punktā Saules deklinācija ir 0 grādi.

B. Cik liela ir Saules rektascensija?

Atbilde. 0 grādi

Atrisinājums. Pavasara ekvinokcijas punktā Saules rektascensija ir 0 grādi.

C. Cik liels ir novērojumu vietas ģeogrāfiskais platumš?

Atbilde. 78 grādi

Atrisinājums. Saules leņķisko augstumu augšējā kulminācijā aprēķina pēc formulas $h = 90^\circ - \varphi + \delta$, kur h ir leņķiskais augstums, φ ir novērojumu vietas ģeogrāfiskais platumš, δ ir spīdekļa deklinācija. Izsakot φ , iegūst $\varphi = 90^\circ - h + \delta = 90^\circ - 12^\circ + 0^\circ = 78^\circ$.

D. Kā sauc valsti, kurā ceļotāji veica novērojumu?

Atbilde. Norvēģija

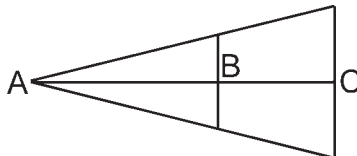
Atrisinājums. Izmantojot faktus, ka novērojumu vieta atrodas 15° uz austrumiem no Griničas meridiāna un tās ģeogrāfiskais platumš ir 78° , pēc kartes var noteikt, ka novērojums veikts Norvēģijai piederošajā Svalbāras arhipelāgā.

3. Pieņemsim, ka aptumsuma laikā Mēness un Saules leņķiskie diametri ir vienādi. Mēness rādiuss ir 1738 km. Saules rādiuss ir 695200 km.

A. Cik reižu Saule ir tālāk par Mēnesi?

Atbilde. 400 reižu

Atrisinājums. Attēlosim situāciju zīmējumā. Punktā A atrodas novērotājs, punktā B – Mēness centrs, punktā C – Saules centrs. No līdzīgiem trijstūriem secinām, ka Saules un Mēness rādiusu attiecība ir vienāda ar Saules un Mēness attāluma attiecību. Skaitliski Saules un Mēness attāluma attiecība ir $695200/1738 = 400$. Tātad Saule atrodas 400 reižu tālāk par Mēnesi.



B. Cik platā joslā šādā situācijā redzams pilns aptumsums?

Atbilde. 0 km

Atrisinājums. Ja aptumsuma laikā Mēness un Saules leņķiskie diametri ir vienādi, tad Mēness ēnas konuss tikai pieskaras Zemes virsmai un pilnās aptumsuma joslas faktiski nav, tās platums ir **0 km**.

C. Kādam jābūt Mēness attālumam līdz Zemei gredzenveida aptumsuma gadījumā, salīdzinot ar aplūkoto situāciju?

Atbilde. lielākam/mazākam/tādam pašam

Atrisinājums. Gredzenveida aptumsuma gadījumā Mēness attālums līdz Zemei ir **lielāks** un Mēness ēnas konuss nepieskaras Zemes virsmai.

2. uzdevums. Cereras izpēte

1. 2015. gada 16. aprīli kosmiskā aparāta *Dawn* attālums no Cereras ir 22 000 km. *Dawn* fotokameras objektīva diametrs ir 2 cm, viļņa garums ir 500 nm.

A. Cik liela ir *Dawn* fotokameras leņķiskā izšķirtspēja?

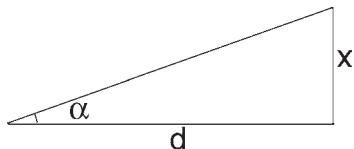
Atbilde. 0,00003 rad

Atrisinājums. Izmantojot teleskopa leņķiskās izšķirtspējas formulu, $R = 1,22 \lambda/D$, kur R – izšķirtspēja radiānos, λ – viļņa garums, D – objektīva diametrs. Skaitliski $R = 1,22 \cdot 5 \cdot 10^{-7} / 0,02 = \mathbf{0,00003 \text{ rad}}$

B. Cik sīkas detaļas uz Cereras virsmas 16. aprīli spēj nofotografēt *Dawn* fotokamera?

Atbilde. 0,7 km

Atrisinājums. Maziem leņķiem (mazākiem par 1 loka grādu) leņķa vērtību radiānos var pieņemt vienādu ar leņķa tangensu. Tādā gadījumā $\text{tg } \alpha = 0,00003$. No taisnleņķa trijstūra trigonometriskajām sakarībām (*sk. zīmējumu*) izriet, ka $x = d \cdot \text{tg } \alpha$, kur α ir leņķis,



kādā redzama sīkākā detaļa uz Cereras, d ir attālums līdz Cererai un x ir sīkākās detaļas izmērs. Skaitliski $x = 22000000 \cdot 0,00003 = 660 \text{ m} \approx \mathbf{0,7 \text{ km}}$.

C. Kas ir Cerera?

Atbilde. asteroīds/pundurplanēta

Atrisinājums. Kopš 2006. gada Cerera tiek klasificēta kā **pundurplanēta**.

2. Cereras orbītas lielā pusass ir 2,768 AU, orbītas ekscentricitāte ir 0,076. Zemes orbītu pieņem par riņķveida, lielās pusass vērtību un aprīņkošanas periodu – par zināmu! Pieņem, ka abu debess ķermeņu orbītas atrodas vienā plaknē!

A. Cik liels ir Cereras perihēlija attālums?

Atbilde. 2,558 AU

Atrisinājums. Perihēlija attālumu aprēķina pēc formulas $q = a \cdot (1 - e)$, kur a – orbītas lielā pusass, e – orbītas ekscentricitāte, q – perihēlija attālums. Skaitliski $q = 2,768 \cdot (1 - 0,076) \approx \mathbf{2,558 \text{ AU}}$.

B. Cik liels ir Cereras attālums no Zemes opozīcijā, ja Cerera atrodas perihēlijā?

Atbilde. 1,558 AU

Atrisinājums. Opozīcijā debess ķermenis un Zeme atrodas uz vienas līnijas ar Sauli tajā pašā orbītas pusē, kurā atrodas Zeme. Zemes attālums no Saules ir 1 AU (pieņemot, ka Zemes orbīta ir riņķveida). Iepriekš tika noteikts, ka Cereras attālums no Saules perihēlijā ir 2,558 AU. Tātad Cereras attālums no Zemes minētajā situācijā ir $2,558 - 1 = \mathbf{1,558 \text{ AU}}$.

C. Cik ilgā laikā Cerera aprīņko Sauli?

Atbilde. 4,6 gados

Atrisinājums. Cereras aprīņkošanas periodu aprēķina pēc Keplera 3. likuma $T_1^2/T_2^2 = a_1^3/a_2^3$, kur a_1 un a_2 – attiecīgi Cereras un Zemes orbītu lielās pusasis, T_1 un T_2 – šo ķermeņu aprīņkošanas periodi. Pārveidojot formulu, iegūst, ka $T_1 = \sqrt{(T_2^2 \cdot a_1^3/a_2^3)}$. Zemes aprīņkošanas periods ir 1 gads, orbītas lielā pusass ir 1 AU. Skaitliski $T_1 = \sqrt{(1^2 \cdot 2,768^3/1^3)} \approx \mathbf{4,6 \text{ gadi}}$.

D. Kur atrodas Cerera?

Atbilde. asteroīdu joslā/Koiperu joslā

Atrisinājums. Vairākums asteroīdu joslas objektu atrodas starp Marsa un Jupitera orbītām. Marsa orbītas lielā pusass ir 1,5 AU. Jupitera orbītas lielā pusass ir 5,2 AU. Cereras orbītas lielā pusass ir 2,768 AU. Tātad Cerera atrodas **asteroīdu joslā**.

3. Habla kosmiskais teleskops atrodas orbītā ap Zemi. Tā spoguļa diametrs ir 2,4 m, viļņa garums ir 480 nm. Viena astronomiskā vienība ir 150 miljoni km.

A. Cik liela ir Habla teleskopa leņķiskā izšķirtspēja?

Atbilde. 0,0000002 rad

Atrisinājums. Līdzīgi kā iepriekš, izmantojot teleskopa leņķiskās izšķirtspējas formulu $R = 1,22 \lambda/D$, kur R – izšķirtspēja radiānos, λ – viļņa garums, D – objektīva diametrs, aprēķina, ka $R = 1,22 \cdot 4,8 \cdot 10^{-7} / 2,4 \approx \mathbf{0,0000002 \text{ rad}}$.

B. Cik sīkas detaļas uz Cereras virsmas spēj nofotografēt Habla teleskops, ja Cerera atrodas perihēlijā un opozīcijā ar Zemi?

Atbilde. 47 km

Atrisinājums. Iepriekš tika noteikts, ka attālums līdz Cererai, ja Cerera atrodas perihēlijā un opozīcijā ar Zemi, ir 1,558 AU. Viena astronomiskā vienība ir 150 miljoni km. Pārvēršot attālumu kilometros, iegūst $1,558 \cdot 150\,000\,000 = 233\,700\,000$ km. Šajā mērogā Habla teleskopa attālums no Zemes centra ir mazs un to var neņemt vērā. Līdzīgi kā iepriekš, maziem leņķiem (mazākiem par 1 loka grādu) leņķa vērtību radiānos var pieņemt vienādu ar leņķa tangensu. Tādā gadījumā $\text{tg } \alpha = 0,0000002$. No taisnleņķa trijstūra trigonometriskajām sakarībām izriet, ka $x = d \cdot \text{tg } \alpha$, kur α ir leņķis, kādā redzama sīkāka detaļa uz Cereras, d ir attālums līdz Cererai un x ir sīkākas detaļas izmērs. Skaitliski:

$x = 233\,700\,000 \cdot 0,0000002 \approx 46,74 \text{ km} \approx \mathbf{47 \text{ km}}$.

C. Kura no ierīcēm dod iespēju nofotografēt sīkākas detaļas? (**1 p**)

Atbilde. Habla teleskops/Dawn fotokamera

Atrisinājums. Tā kā $0,7 \text{ km} < 47 \text{ km}$, sīkākas detaļas spēj nofotografēt **Dawn fotokamera**.

3. uzdevums. Galaktiku novērojumi

Galaktikai A tika izmērīts redzamais spožums $m_A = 16^m$ un sarkanā nobīde $z_A = 0,07$. No galaktikas A 10 loka grādu attālumā tika novērota galaktika B. Tika secināts un pieņemts, ka galaktika B pēc saviem fizikālajiem parametriem pilnībā sakrīt ar galaktiku A. Tika noteikts, ka galaktika B atrodas $L_B = 200$ Mpc attālumā no novērotāja.

Risinot uzdevumu, neņem vērā galaktiku īpaškustību, ja nav norādīts citādi! Ja nepieciešams, izmantot šādas konstanšu vērtības: gaismas ātrums $c = 3 \cdot 10^5 \text{ km/s}$, Habla konstante $H = 70 \text{ km/(s \cdot Mpc)}$.

1. Cik liels ir galaktikas A attālināšanās ātrums?

Atbilde. 21000 km/s

Atrisinājums. Tā kā galaktikas A sarkanā nobīde $z_A \ll 1$, uzdevuma risināšanā var neievērot relativistiskos efektus. Galaktikas A attālināšanās ātrums ir vienāds ar $v = c \cdot z_A = 3 \cdot 10^5 \cdot 0,07 = \mathbf{21000 \text{ km/s}}$.

2. Cik megaparseku attālumā no novērotāja atrodas galaktika A?

Atbilde. 300 Mpc

Atrisinājums. Saskaņā ar Habla likumu galaktikas A attālināšanās ātrums $v = H \cdot L_A$, kur L_A ir attālums līdz galaktikai A. Skaitliski $L_A = 21000 / 70 = \mathbf{300 \text{ Mpc}}$.

3. Cik liels ir galaktikas A absolūtais spožums zvaigžņlielumos?

Atbilde. $-21^m,39$

Atrisinājums. Galaktikas A absolūto spožumu (attālumu izsakot parsekos) aprēķina pēc formulas $M = m_A - 5 \log L_A + 5$. Skaitliski $M = 16 - 5 \log 300000000 + 5 \approx \mathbf{-21^m,39}$.

4. Cik liels ir galaktikas B redzamais spožums zvaigžņlielumos?

Atbilde. $15^m,12$

Atrisinājums. Zinot, ka galaktika B ir tikpat spoža cik galaktika A, tās redzamais

spožums ir vienāds ar $m_B = M + 5 \log L_B - 5 = m_A - 5 \log L_A + 5 \log L_B = m_A - 5 \log (L_A / L_B)$. Skaitliski $m_B = 16 - 5 \log (300 / 200) \approx \mathbf{15^m, 12}$.

5. Cik liels ir galaktikas B attālināšanās ātrums?

Atbilde. 14000 km/s

Atrisinājums. Galaktikas B attālināšanās ātrums ir vienāds ar

$$v_B = H \cdot L_B = 70 \cdot 200 = \mathbf{14000 \text{ km/s}}$$

6. Cik liela ir galaktikas B sarkanā nobīde?

Atbilde. 0,05

Atrisinājums. Galaktikas B sarkanā nobīde ir vienāda ar:

$$z_B = H \cdot L_B / c = 70 \cdot 200 / 3 \cdot 10^5 \approx \mathbf{0,05}$$

7. Kura galaktika atrodas tālāk no novērotāja?

a) A

b) B

c) Abas galaktikas atrodas apmēram vienādā attālumā.

Atbilde. Tālāk atrodas galaktika A.

8. Kā izmainītos atbilde uz 7. jautājumu, ja pieņemtu, ka galaktikas A radiālā īpaš-kustība būtu 100 km/s novērotāja virzienā, bet galaktikai B – 100 km/s prom no novērotāja?

a) Atbilde nemainītos.

b) Atbilde būtu pretēja.

c) Uz šo jautājumu nav iespējams atbildēt.

Atbilde. Atbilde nemainītos.

Atrisinājums. Tā kā dotās galaktiku īpaškustības ir ievērojami mazākas par kosmoloģiskajiem ātrumiem, tad tās neietekmētu galaktiku savstarpējo attālumu novērtējumus (atbilde uz 7. jautājumu nemainītos).

9. Kā izmainītos atbilde uz 7. jautājumu, ja pieņemtu, ka galaktikas A radiālā īpaš-kustība būtu 100 km/s prom no novērotāja, bet galaktikai B – 100 km/s novērotāja virzienā?

a) Atbilde nemainītos.

b) Atbilde būtu pretēja.

c) Uz šo jautājumu nav iespējams atbildēt.

Atbilde. Atbilde nemainītos.

Atrisinājums. Tā kā dotās galaktiku īpaš-kustības ir ievērojami mazākas par kosmoloģiskajiem ātrumiem, tad tās neietekmētu galaktiku savstarpējo attālumu novērtējumus (atbilde uz 7. jautājumu nemainītos).

10. Kā izmainītos atbilde uz 7. jautājumu, ja izrādītos, ka pieņēmums par galaktiku fizikālo līdzību ir bijis kļūdains, un galaktika A būtu lielāka par galaktiku B?

a) Atbilde nemainītos.

b) Atbilde būtu pretēja.

c) Uz šo jautājumu nav iespējams atbildēt.

Atbilde. Atbilde nemainītos.

Atrisinājums. Ja galaktika A būtu lielāka par galaktiku B, tad vispārīgā gadījumā tā varētu atrasties vēl tālāk, nekā iepriekš aprēķināts, līdz ar to tā joprojām būtu tālāk par galaktiku B (atbilde uz 7. jautājumu nemainītos).

4. uzdevums. Marsa fāze

Zemes, Marsa un Mēness orbītas uzskatīt par riņķveida! Pieņem, ka visas orbītas atrodas vienā plaknē!

1. Mēness pirmā ceturkšņa fāzē aizklāj Marsu. Noteikt leņķisko attālumu starp Marsu un Sauli, skatoties no Zemes!

Atbilde. 90°

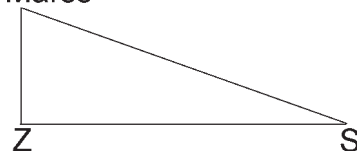
Atrisinājums. Leņķiskais attālums no Saules līdz Marsam ir vienāds ar leņķisko attālumu no Saules līdz Mēnesim. Tā kā Mēness ir pirmā ceturkšņa fāzē, tad leņķiskais attālums ir vienāds ar **90 grādiem**.

2. Cik lielā leņķiskajā attālumā no Saules atrodas Zeme, skatoties šajā brīdī no Marsa?

Atbilde. 41,02°

Atrisinājums. Leņķisko attālumu starp Zemi un Sauli, skatoties no Marsa, aprēķina, izmantojot sakarības taisnleņķa trīsstūrī (*sk. zīmējumu*), kā arī attālumu Zeme – Saule (a_2)

Mars



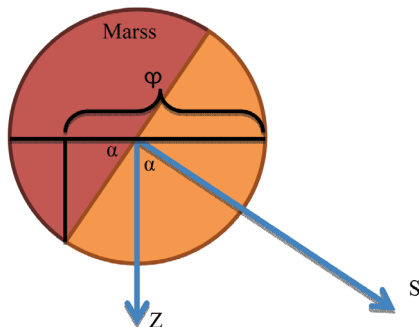
un Marss – Saule (α_M). Skaitliski $\angle ZMS = \alpha = \arcsin(\alpha_z / \alpha_M) = \arcsin 0,6563 = 41,02^\circ$.

3. Noteikt Marsa fāzi (t.i., redzamā diametra apgaismoto daļu) šajā brīdī, skatoties no Zemes!

Atbilde. 87,72%

Atrisinājums. Marsa fāze (sk. zīmējumu) ir vienāda ar

$$\varphi = \frac{1}{2} \cdot (1 + \cos \alpha) = 0,8772 = 87,72\%.$$



MARUTA AVOTIŅA

LATVIJAS 65. MATEMĀTIKAS OLIMPIĀDES UZDEVUMU ATRISINĀJUMI

Uzdevumi publicēti "Zvaigžņotās Debess" 2015. gada vasaras numurā (39.-42. lpp.). Tālāk dotie atrisinājumi nav vienīgie iespējamie (skat. [1]).

9. klase

1. uzd. Ievērojam, ka $n^4 - m^4 = (n-m)(n+m)(n^2+m^2)$. Tā kā n un m ir naturāli skaitļi, tad

$\frac{2015}{(n-m)(n+m)(n^2+m^2)}$ var būt naturāls skaitlis tikai tad, ja $n > m \geq 1$. Tad $1 \leq n-m < n+m < n^2+m^2$.

Tas nozīmē, ka $n-m$, $n+m$ un n^2+m^2 ir trīs dažādi skaitļa 2015 dalītāji. Sadalām skaitli 2015 pirmreizinātājos: $2015 = 5 \cdot 13 \cdot 31$. Uzrakstām augošā secībā visus skaitļa 2015 dalītājus: 1, 5, 13, 31, 65, 155, 403, 2015.

Novērtējam saucēja izteiksmi:

$$n^4 - m^4 \geq n^4 - (n-1)^4 = 4n^3 - 6n^2 + 4n - 1 = 4n(n-1)^2 + 2n^2 - 1 > 4(n-1)^3 - 1.$$

Tā kā $n^4 - m^4 \leq 2015$, tad arī $4(n-1)^3 - 1 < 2015$, tādēļ $(n-1)^3 < 504 < 512 = 8^3$, tātad $n-1 < 8$ jeb $n < 9$. Līdz ar to esam ieguvuši, ka lielākā iespējamā n vērtība ir 8 un $n+m \leq 8+7=15$. Apskatām visus iespējamus gadījumus.

$n-m$	$n+m$	n	m	n^2+m^2	
1	5	3	2	13	Der, jo $2015:(1 \cdot 5 \cdot 13) = 31$.
1	13	7	6	85	Neder, jo nav 2015 dalītājs.
5	13	9	4	97	Neder, jo nav 2015 dalītājs.

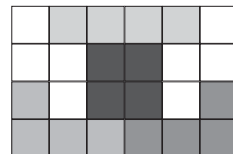
Tātad vienīgās iespējamās vērtības ir $n=3$ un $m=2$.

2. uzd. a) Visas septiņas dotās figūras kopā satur 28 rūtiņas, tātad taisnstūra laukumam arī jābūt 28 rūtiņām. Vienīgie iespējamie taisnstūra izmēri ir 1×28 (neder), 2×14 , 4×7 . Izkrāsojot taisnstūrus kā šaha galdiņu, katrā no tiem melno un balto rūtiņu skaits ir vienāds. Ja visas dotās figūras izkrāsotu kā šaha galdiņu, tad tās visas, izņemot trešo, saturētu tieši divas katras krāsas rūtiņas. Trešā figūra saturētu trīs vienas krāsas un vienu otras krāsas rūtiņu (skat. 1. att.). Tātad, saskaitot balto un melno rūtiņu



1. att.

skaitu pa visām septiņām figūrām, iegūtu, ka vienas krāsas rūtiņu ir par divām vairāk nekā otras krāsas rūtiņu. Līdz ar to, izmantojot visas septiņas dotās figūras, taisnstūri izveidot nav iespējams.



2. att.

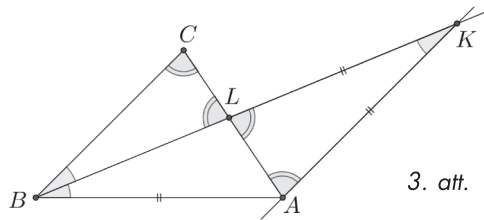
b) Ja neizmanto trešo figūru, tad taisnstūri ir iespējams izveidot (skat., piemēram, 2. att.).

3. uzd. Ir 25 skaitļi, kas nepārsniedz 100 un dalās ar 4. Parādīsim, ka visi šie skaitļi ir patikami. Ja skaitlis x dalās ar 4, tad gan $2x$, gan $2x-100$ arī dalīsies ar 4. Aplūkosim virkni, sākot ar patvaļīgu skaitli x_1 , kas dalās ar 4: x_1, x_2, x_3, \dots . Tā kā ir tikai 25 skaitļi, kas tajā var parādīties, tad skaidrs, ka kādā brīdī virknes locekļi sāks atkārtoties. Aplūkosim pirmo skaitli virknē, kas atkārtojas, tas ir, tādu x_{i+1} , ka visi iepriekšējie x_1, x_2, \dots, x_i ir dažādi, bet x_{i+1} ir vienāds ar kādu no tiem. Pierādīsim, ka $x_{i+1}=x_1$, ar to arī būs pierādīts, ka skaitlis x_1 ir patikams. Pieņemsim pretējo, ka $x_{i+1}=x_{k+1}$, un aplūkosim, kādi varēja būt iepriekšējie skaitļi x_j un x_k . Tā kā tiem jābūt dažādiem, tad skaidrs, ka x_{i+1} un x_{k+1} tika iegūti ar dažādām darbībām, tas ir, $x_{i+1}=2x_i$ un $x_{k+1}=2x_k-100$ (vai otrādi), kas nozīmē, ka $2x_i=2x_k-100$ jeb $x_i-x_k=50$, un tā ir pretruna, jo gan x_i , gan x_k dalās ar 4, bet 50 nedalās ar 4.

Vēl jāpierāda, ka pārējie skaitļi nav patikami. Skaidrs, ka nepāra skaitļi nav patikami, jo, ja x ir nepāra skaitlis, tad gan $2x$, gan $2x-100$ ir pāra skaitļi un tālāk virknē visi skaitļi būs pāra.

Ja skaitlis x dalās ar 2, bet nedalās ar 4, tad x nav patikams, jo gan $2x$, gan $2x-100$ dalās ar 4 un tālāk virknē visi skaitļi dalīsies ar 4.

4. uzd. Tā kā $\angle LBC = \angle LBA$ pēc bisektrises definīcijas un $\angle LBC = \angle AKB$ kā iekšējie šķērslenķi pie paralēlām taisnēm BC un AK , tad $\angle LBA = \angle AKB$ un trijstūris AKB ir vienādsānu, pie kam $AB = AK$ (skat. 3. att.). Arī trijstūris AKL ir vienādsānu, jo pēc dotā un iepriekš iegūtā $LK = AB = AK$. Vienādsānu trijstūrim lenķi pie pamata ir vienādi, tāpēc $\angle ALK = \angle LAK$.



3. att.

Tā kā $\angle ALK = \angle BLC$ kā krustlenķi un $\angle LAK = \angle ACB$ kā iekšējie šķērslenķi pie paralēlām taisnēm BC un AK , tad $\angle BLC = \angle BCL$ un trijstūris LBC ir vienādsānu, pie kam $BL = BC$.

No trijstūra nevienādības $AB + AK > BK = BL + LK = BC + AK$ un no tā seko, ka $AB > BC$.

5. uzd. Dotās izteiksmes mazākā iespējamā vērtība ir 1, to iegūst, ja $a=0$. Pamatotsim, ka mazāku vērtību nevar iegūt. Ekvivalenti pārveidojam doto izteiksmi:

$$a^{20} + a^4 + \frac{1}{a^4 + 1} = a^{20} + \frac{a^8 + a^4 + 1}{a^4 + 1} = a^{20} + \frac{a^8}{a^4 + 1} + 1.$$

Pirmie divi saskaitāmie ir nenegatīvi, tāpat šīs izteiksmes vērtība ir vismaz 1.

10. klase

1. uzd. No Vjeta teorēmas izriet, ka

$$\begin{cases} a + b = 4\sqrt{\frac{7}{3 + \sqrt{5}}} \cdot (1 + \sqrt{5}) \\ ab = 4\sqrt{\frac{7}{3 + \sqrt{5}}} \cdot \frac{1}{1 + \sqrt{5}} \end{cases}$$

Pārveidojam doto izteiksmi:

$$\begin{aligned} a^4b+ab^4+3a^3b^2+3a^2b^3 &= ab(a^3+b^3+3a^2b+3ab^2)=ab(a+b)^3= \\ &= \sqrt[4]{\frac{7}{3+\sqrt{5}}} \cdot \frac{1}{1+\sqrt{5}} \cdot \sqrt[4]{\left(\frac{7}{3+\sqrt{5}}\right)^3} \cdot (1+\sqrt{5})^3 = \frac{7}{3+\sqrt{5}} \cdot (1+\sqrt{5})^2 = \\ &= \frac{7 \cdot (1+2\sqrt{5}+5)}{3+\sqrt{5}} = \frac{7 \cdot 2 \cdot (3+\sqrt{5})}{3+\sqrt{5}} = 14. \end{aligned}$$

Tā kā skaitlis 14 ir vesels skaitlis, tad prasītais ir pierādīts.

2. uzd. Izmantosim matemātiskās indukcijas principu.

Indukcijas bāze. Ja $n=1$, tad $3+5-8=0$ dalās ar 10.

Induktīvā pieņēmums. Pieņemsim, ja $n=k$, tad $3k^5+5k^4-8k$ dalās ar 10.

Induktīvā pāreja. Pierādīsim, ja $n=k+1$, tad $3(k+1)^5+5(k+1)^4-8(k+1)$ dalās ar 10.

Ekvivalenti pārveidojam izteiksmi $3(k+1)^5+5(k+1)^4-8(k+1)$:

$$\begin{aligned} 3(k^5+5k^4+10k^3+10k^2+5k+1)+5(k^4+4k^3+6k^2+4k+1)-8(k+1) &= \\ = 3k^5+20k^4+50k^3+60k^2+27k+3k^5+5k^4-8k+15k^4+50k^3+60k^2+35k &= \\ = 3k^5+5k^4-8k+5k \cdot (3k^3+10k^2+12k+7). \end{aligned}$$

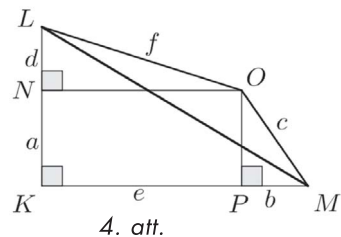
Saskaitāmais $3k^5+5k^4-8k$ dalās ar 10 pēc induktīvā pieņēmuma.

Saskaitāmais $5k \cdot (3k^3+10k^2+12k+7)$ dalās ar 5, jo satur reizinātāju 5, un dalās ar 2, jo

- ja k ir pāra skaitlis, tad reizinātājs k dalās ar 2;
 - ja k ir nepāra skaitlis, tad reizinātājs $3k^3+10k^2+12k+7$ ir pāra skaitlis un tas dalās ar 2.
- Tā kā izteiksme $3(k+1)^5+5(k+1)^4-8(k+1)$ dalās gan ar 2, gan ar 5, tad tā dalās arī ar 10 un līdz ar to esam pierādījuši, ka $3(k+1)^5+5(k+1)^4-8(k+1)$ dalās ar 10.

No matemātiskās indukcijas principa izriet, ka katram naturālam n izteiksme $3n^5+5n^4-8n$ dalās ar 10, kas arī bija jāpierāda.

3. uzd. Tā kā visi dotie skaitļi ir pozitīvi, varam tos uztvert kā nogriežņu garumus. Apskatām taisnleņķa trijstūri KLM ar katešu garumiem $KL=a+d$ un $KM=e+b$ (skat. 4. att.). Novelkam nogriežņus $NO \parallel KM$ un $OP \parallel KL$ tā, ka $KN=OP=a$ un $KP=NO=e$. No dotajām sakarībām un Pitagora teorēmas trijstūros OPM un LNO iegūstam, ka $OM=c$ un $LO=f$.

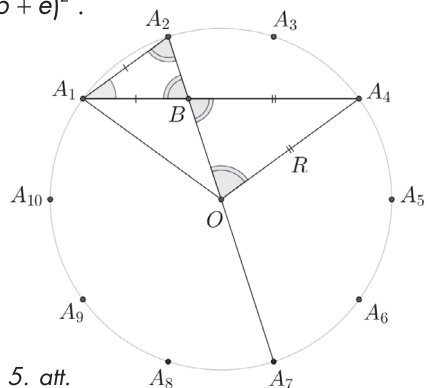


Aprēķinām $\triangle KLM$ hipotenūzas garumu: $LM = \sqrt{(a+d)^2 + (b+e)^2}$.

No trijstūra nevienādības trijstūrī LMO izriet, ka

$\sqrt{(a+d)^2 + (b+e)^2} \leq c+f$. Tā kā abas šīs nevienādības puses ir pozitīvas, tad, kāpinot tās kvadrātā, iegūstam $(a+d)^2+(b+e)^2 \leq (c+f)^2$, kas arī bija jāpierāda.

4. uzd. Regulāram desmitstūrim $A_1A_2 \dots A_{10}$ apvilktais riņķa līnijas centru apzīmēsim ar O (skat. 5. att.). Regulāra desmitstūra katra mala savēl $360^\circ:10=36^\circ$ lielu loku. Tad $\angle A_1A_2A_7 = \frac{1}{2} \cup A_1A_6A_7 = 72^\circ$ un $\angle A_2A_1A_4 = \frac{1}{2} \cup A_2A_3A_4 = 36^\circ$ kā ievilkto leņķi un $\angle A_2OA_4 = \cup A_2A_3A_4 = 72^\circ$ kā



5. att.

centra leņķis. No $\triangle A_1A_2B$ iegūstam, ka $\angle A_1BA_2 = 180^\circ - 36^\circ - 72^\circ = 72^\circ$.

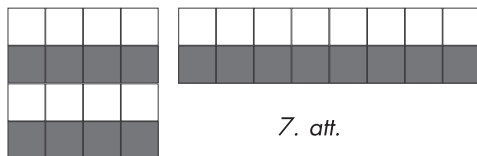
Ievērojam, ka $\angle OBA_4 = \angle A_1BA_2 = 72^\circ$ kā krustleņķi. Tātad $\triangle A_1A_2B$ un $\triangle OA_4B$ ir vienādsānu, jo leņķi pie pamata ir vienādi, līdz ar to $A_1A_2 = A_1B$ un $BA_4 = OA_4 = R$. Tad $A_1A_2 + R = A_1B + BA_4 = A_1A_4$, kas arī bija jāpierāda.

5. uzd. a) Visas piecas dotās figūras kopā satur 20 rūtiņas, tāpēc taisnstūra laukums ir 20 rūtiņas. Vienīgie iespējamie taisnstūra izmēri ir 1×20 (neder), 2×10 , 4×5 . Izkrāsējot taisnstūrus kā šaha galdiņu, katrā no tiem melno un balto rūtiņu skaits ir vienāds. Ja visas dotās figūras izkrāsotu kā šaha galdiņu, tad tās visas, izņemot trešo, saturētu tieši divas katras krāsas rūtiņas. Trešā figūra saturētu trīs vienas krāsas un vienu otras krāsas rūtiņu (skat. 6. att.). Tātad, saskaitot balto un melno rūtiņu skaitu pa visām piecām figūrām, iegūtu, ka vienas krāsas rūtiņu ir par divām vairāk kā otras krāsas rūtiņu. Līdz ar to, izmantojot visas piecas dotās figūras, taisnstūri izveidot nav iespējams.



6. att.

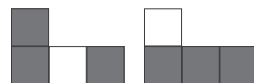
b) Četras no dotajām figūrām kopā satur 16 rūtiņas, tātad taisnstūra laukumam arī jābūt 16 rūtiņām. Vienīgie iespējamie taisnstūra izmēri ir 1×16 (neder), 2×8 , 4×4 . Spriežot līdzīgi kā a) gadījumā, secinām, ka nevar izmantot 6. att. redzamo figūru. Apskatīsim atlikušās četras figūras.



7. att.

Izkrāsosim taisnstūrus joslās (skat. 7. att.).

Ievērojam, ka katrā taisnstūrī melno un balto rūtiņu skaits ir vienāds. Ja arī figūras izkrāsotu joslās, tad tās visas, izņemot otro, saturētu tieši divas katras krāsas rūtiņas. Otrā figūra saturētu trīs vienas krāsas un vienu otras krāsas rūtiņu (skat. 8. att.). Tātad, saskaitot balto un melno rūtiņu skaitu pa visām četrām figūrām, iegūtu, ka vienas krāsas rūtiņu ir par divām vairāk kā otras krāsas rūtiņu. Līdz ar to, izmantojot četras no dotajām figūrām, taisnstūri izveidot nav iespējams.



8. att.

11. klase

1. uzd.

No Vjeta teorēmas izriet, ka
$$\begin{cases} a + b = \sqrt[4]{7} \cdot (1 + \sqrt{5}) \\ ab = \frac{\sqrt[4]{7}}{1 + \sqrt{5}} \end{cases}$$

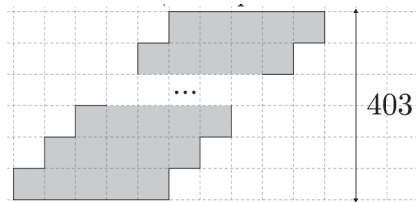
Pārveidojam doto izteiksmi:

$$\begin{aligned} a^4b + ab^4 + 3a^3b^2 + 3a^2b^3 + 16a^4b^3 + 16a^3b^4 &= ab(a^3 + b^3 + 3a^2b + 3ab^2 + 16a^3b^2 + 16a^2b^3) = \\ &= ab((a+b)^3 + 16a^2b^2(a+b)) = \frac{\sqrt[4]{7}}{1+\sqrt{5}} \cdot \left(\sqrt[4]{7^3} \cdot (1+\sqrt{5})^3 + 16 \cdot \frac{\sqrt[4]{7^2} \cdot \sqrt[4]{7} \cdot (1+\sqrt{5})}{(1+\sqrt{5})^2} \right) = \\ &= 7 \cdot (1+\sqrt{5})^2 + \frac{16 \cdot 7}{(1+\sqrt{5})^2} = 7 \cdot \left((6+2\sqrt{5}) + \frac{16}{6+2\sqrt{5}} \right) = \\ &= 7 \cdot \frac{36 + 24\sqrt{5} + 20 + 16}{6 + 2\sqrt{5}} = 7 \cdot 12 \cdot \frac{6 + 2\sqrt{5}}{6 + 2\sqrt{5}} = 84 \end{aligned}$$

Tā kā skaitlis 84 ir vesels skaitlis, tad prasītais ir pierādīts.

2. uzd. Jā, šādu daudzstūri var uzzīmēt (skat., piemēram, 9. att.).

Figūras būvēšanai izmantoti 403 taisnstūri ar izmēriem 1×5 rūtiņas. Tātad iegūtā daudzstūra laukums ir $5 \cdot 403 = 2015$ rūtiņas. Tā kā katrs taisnstūris satur tieši četras iegūtā daudzstūra malas, tad uzzīmēts ir $4 \cdot 403 = 1612$ -stūris.



9. att.

3. uzd. Apzīmēsim papagaiļus ar numuriem no 1 līdz 38 un krātiņus ar numuriem no 1 līdz 39 tā, ka sākotnēji papagaiļa numurs sakrīt ar krātiņa numuru. Vienkāršības dēļ tukšajā vietā sākumā ieliksīm iedomātu papagaiļi ar numuru 39. Ņemsim patvaļīgu papagaiļi a_1 , kas neatrodas savā krātiņā, pieņemsīm, ka tas atrodas krātiņā a_2 . Tad a_2 arī neatrodas savā vietā un atrodas kādā vietā a_3 , utt., līdz papagaiļis a_n atrodas vietā a_1 ($2 \leq n \leq 39$). Tādā veidā visi papagaiļi sadalās ciklos. Ja ciklā ir n papagaiļi, tad šā cikla sakārtošanai nepieciešams tieši

a) $n-1$ gājiens, ja tajā ietilpst tukšais krātiņš. Tad tur ir $n-1$ papagaiļi un ar katru gājienu ne vairāk kā vienu var ielikt savā krātiņā, tātad mazāk gājienu nevar būt. Ar $n-1$ gājienu pietiek, jo vienmēr būs kāds papagaiļis, kuru ielikt savā vietā;

b) $n+1$ gājiens, ja tajā neietilpst tukšais krātiņš. Ar pirmo gājienu nevienam papagaiļi nevar ielikt savā vietā un ar katru nākamo gājienu ne vairāk kā vienu papagaiļi var ielikt savā vietā, tāpēc mazāk būt nevar. Pirmajā gājienu jebkuru papagaiļi pārceļ uz tukšo krātiņu, atlikušos $n-1$ sakārto kā a) gadījumā ar $n-1$ gājienu un pēdējā gājienu ieceļ savā vietā to, kuru pārcēla pirmo.

Tātad kopējais nepieciešamais gājienu skaits ir

- papagaiļu skaits + ciklu skaits, ja nevienā ciklā neietilpst tukšais krātiņš;
- papagaiļu skaits + ciklu skaits $- 1$, ja kādā ciklā ietilpst tukšais krātiņš.

Redzams, ka maksimālais gājienu skaits būs nepieciešams tad, kad ciklu skaits ir maksimālais un nevienā ciklā neietilpst tukšais krātiņš. Minimālais papagaiļu skaits ciklā ir 2, tāpēc maksimālais ciklu skaits ir $38:2=19$, tātad maksimālais gājienu skaits, kāds var būt nepieciešams, ir $38+19=57$ gājienu. Redzam: ja papagaiļus samaina vietām pa pāriem, tad tieši tik daudzi gājienu arī ir vajadzīgi.

4. uzd. Mazākā iespējamā b vērtība ir 2549. Pierādīsim, ka mazāku b vērtību nav iespējams atrast. Skaitlis $a+b+c$ dalās gan ar a , gan ar c , tātad $a+b+c$ dalās ar ac (jo tie ir savstarpēji pirmskaitļi).

Tātad $a+b+c \geq ac$ jeb $b \geq ac - a - c = ac - a - c + 1 - 1 = (a-1)(c-1) - 1$. Līdz ar to mazākā b vērtība ir gadījumā, ja $a=51$ un $c=52$ (vai otrādi), t. i., $b=50 \cdot 51 - 1 = 2549$. Skaitļi 51, 2549, 52 apmierina dotos nosacījumus.

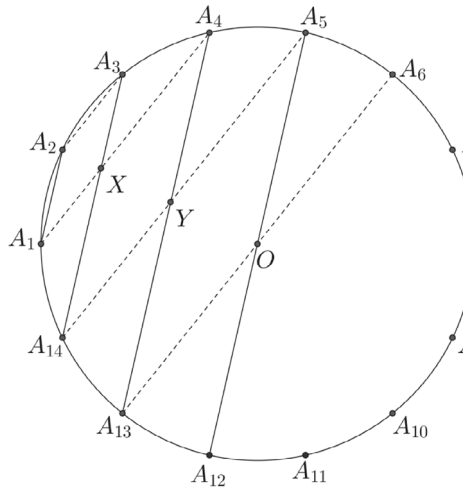
5. uzd. Regulāram četrpadsmitstūrim $A_1 A_2 \dots A_{14}$ apvilktās riņķa līnijas centru apzīmēsim ar O (skat. 10. att.). Regulāra četrpadsmitstūra visas malas savēl vienāda lieluma lokus. Diagonāles $A_1 A_2$, $A_3 A_{14}$, $A_4 A_{13}$ un $A_5 A_{12}$ ir savā starpā paralēlas, jo starp paralēlām hordām ir vienādi loki. Līdzīgi paralēlas ir arī diagonāles $A_2 A_{3'}$, $A_1 A_{4'}$, $A_5 A_{14}$ un $A_6 A_{13'}$, pie kam $A_3 A_{14} = A_1 A_4$ un $A_4 A_{13} = A_5 A_{14'}$, jo vienādus lokus savēl vienādas hordas.

Nogriežņi $A_5 A_{12}$ un $A_6 A_{13}$ ir diametri. Nogriežņu $A_1 A_4$ un $A_5 A_{14}$ krustpunktu apzīmēsim ar Y . Cetrstūris $XA_4 YA_{14}$ ir paralelograms, jo tā pretējās malas ir pa pāriem paralēlas. Tātad

$$A_1A_2=XA_3 \text{ un } XA_{14}=A_3A_{14}-A_1A_2=A_1A_4-A_1A_2.$$

Nogriežņu A_4A_{13} un A_3A_{14} krustpunktu apzīmēsim ar X . Četrstūris $A_1A_2A_3X$ ir paralelograms, jo tā pretējās malas ir pa pāriem paralēlas. Tātad $A_4Y=A_{14}X$ un $YA_{13}=A_4A_{13}-XA_{14}=A_1A_6=A_1A_4+A_1A_2$.

Četrstūris $A_{13}YA_5O$ arī ir paralelograms un $OA_5=YA_{13}=R$. Tātad $A_1A_6-A_1A_4+A_1A_2=R$ jeb $A_1A_2+A_1A_6=A_1A_4+R$, kas arī bija jāpierāda.



10. att.

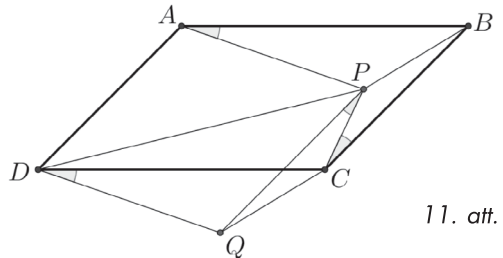
12. klase

1. uzd. Aplūkosim starpību

$$\begin{aligned} \frac{\sin 3x}{\sin x} - \frac{\cos 3x}{\cos x} &= \frac{\sin 3x \cos x - \cos 3x \sin x}{\sin x \cdot \cos x} = \\ &= \frac{\sin(3x - x)}{\sin x \cdot \cos x} = \frac{\sin 2x}{\sin x \cdot \cos x} = \frac{2 \sin x \cdot \cos x}{\sin x \cdot \cos x} = 2. \end{aligned}$$

$$\text{Tātad } \frac{\sin 3x}{\sin x} = 2 + \frac{1}{2015} = \frac{4031}{2015}.$$

2. uzd. Apzīmējam $\angle PAB = \angle PCB = \alpha$. No virsotnes D velk nogriežni DQ , kas paralēls AP , bet no C – nogriežni CQ , kas paralēls BP (skat. 11. att.). Trijstūri ABP un DCQ ir vienādi pēc pazīmes "lml" un to attiecīgie elementi ir vienādi, t. i., $PB = QC$ un $\angle PAB = \angle QDC = \alpha$. Tad $PBCQ$ ir paralelograms, jo $PB = QC$ un $PB \parallel QC$. Līdz ar to $\angle CPQ = \angle PCB = \alpha$ kā iekšējie šķērslenķi pie paralēlām taisnēm PQ un BC . Ap četrstūri $DPCQ$ var apvilkt riņķa līniju, jo vienādi leņķi $\angle CPQ$ un $\angle CDQ$ balstās uz CQ . Tātad $\angle PDC = \angle PQC$, jo abi ir ievilkti leņķi, kas balstās uz hordas PC . Paralelograma $PBCQ$ pretējie leņķi ir vienādi: $\angle PBC = \angle PQC$. Tātad $\angle PBC = \angle PDC$.



11. att.

3. uzd. Ievērojam, ka $2015 = 5 \cdot 13 \cdot 31$. Tā kā visi pirmreizinātāji ir dažādi, nepieciešams pierādīt, ka dotā izteiksme vienlaikus dalās gan ar 5, gan ar 13, gan 31.

Apstatām dotās izteiksmes dalāmību ar katru pirmreizinātāju:

- $2269^n + 2151^n + 1389^n - 1779^n \equiv 4^n + 1^n + 4^n - 4^n \equiv 4^n + 1^n \equiv (-1)^{2k+1} + 1 \equiv -1 + 1 \equiv 0 \pmod{5}$;
- $2269^n + 2151^n + 1389^n - 1779^n \equiv 7^n + 6^n + 11^n - 11^n \equiv 7^n + 6^n \equiv (-6)^{2k+1} + 6^{2k+1} \equiv 0 \pmod{13}$;
- $2269^n + 2151^n + 1389^n - 1779^n \equiv 6^n + 12^n + 25^n - 12^n \equiv 6^n + 25^n \equiv 6^{2k+1} + (-6)^{2k+1} \equiv 0 \pmod{31}$.

Līdz ar to esam pierādījuši, ka dotā izteiksme vienlaikus dalās ar 5, 13 un 31, tātad tā dalās ar 2015.

4. uzd. Šāds krāsojums iespējams tikai tad, ja d – nepāra skaitlis. Tad der krāsojums, kur punkti nokrāsoti pamīšus baltā un melnā krāsā (skat. 12. att.).



12. att.

Skaidrs, ka divi baltie punkti nevar atrasties blakus. Ja divi melnie punkti atrodas blakus (piemēram, pozīcijās 1 un 2), tad d vienības tālāk (pozīcijās $d+1$ un $d+2$) atrodas divi

baltie punkti, kas nav iespējams pēc uzdevuma nosacījumiem. Tātad punktiem jābūt izkrāsotiem pamišus. Redzams, ka, pamišus izvietojot punktus, uzdevuma nosacījumi tiek apmierināti, ja d ir nepāra skaitlis, bet, ja d ir pāra skaitlis, tad ne.

5. uzd. a) Vārdu "abbababab" var iegūt šādi:

$a \rightarrow \overset{2)}{aa} \rightarrow \overset{2)}{aaaa} \rightarrow \overset{2)}{aaaaaaaa} \rightarrow \overset{2)}{aaaaaaaaaaaa} \overset{3)}{aaaaaa} \rightarrow \overset{3)}{abaaaaaaaa} \overset{3)}{aaaa} \rightarrow$
 $\rightarrow \overset{3)}{abaaaaaaaa} \overset{3)}{aa} \rightarrow \overset{3)}{abbabaaaa} \rightarrow \overset{3)}{abbababa} \overset{1)}{ab} \rightarrow \overset{1)}{abbababab}.$

b) Vārdu "baabaabaa" nevar iegūt. Burtu a aizstājam ar ciparu 1, bet burtu b – ar ciparu 3. Tad visi vārdi votivapu valodā tiek aizstāti ar naturāliem skaitļiem, kuru pierakstā izmantoti tikai cipari 1 un 3.

Ievērojām, ka sākotnējais vārds "a" jeb skaitlis 1 nedalās ar 3.

Pierādīsim, ja kāds skaitlis nedalās ar 3, tad skaitlis, kas no tā tiek iegūts ar uzdevumā dotajām darbībām, arī nedalās ar 3:

- 1) ja skaitlis nedalās ar 3, tad, pierakstot tam galā 3, arī iegūtais skaitlis nedalās ar 3, jo ciparu summas atlikums, dalot ar 3, nemainās;
- 2) ja skaitļa ciparu summa, dalot ar 3, dod atlikumu 1, tad iegūtā skaitļa ciparu summa, dalot ar 3, dod atlikumu 2; ja skaitļa ciparu summa, dalot ar 3, dod atlikumu 2, tad iegūtā skaitļa ciparu summa, dalot ar 3, dod atlikumu 1; abos gadījumos iegūtais skaitlis nedalās ar 3;
- 3) skaitļa ciparu summa nemainās, aizstājot 111 ar 3, tātad iegūtais skaitlis nedalās ar 3.

Aizstājot vārda "baabaabaa" burtus ar cipariem, iegūst skaitli 311311311, kas dalās ar 3, jo tā ciparu summa ir 15. Tātad, vairākkārt izmantojot dotos likumus, šo vārdu nav iespējams iegūt.

Atsauces

1. <http://nms.lu.lv/uzdevumu-arhivs/latvijas-olimpiades/>

ŠORUDEN ATCERAMIES ☘ ŠORUDEN ATCERAMIES ☘ ŠORUDEN ATCERAMIES

150 gadu – 1865. g. 23. oktobrī Valkā dzimis **Pirss Pauls Felikss Bols** (*Piers Bohl*), baltvācu matemātiķis, Rīgas Politehniskā institūta adjunktprofesors (1896), kopš 1919. g. LU matemātikas profesors. Viņa darbi cieši saistīti ar debess mehāniku. Pētījis arī trīs ķermeņu problēmu. Miris 1921. g. 25. decembrī Rīgā. Sk. vairāk *Rabinoviča I.* rakstos *ZvD*: Pīrsu Bolu pieminot. – 1965, *Rudens* (29), 30.-34. lpp.; Pīrsa Bola pētījumiem veltītajā konferencē. – 1966, *Pavasaris* (31), 41.-44. lpp.; Pīrs Bols (1865-1921). – 1975, *Rudens* (69), 37.-50. lpp.

50 gadu – 1965. g. 26.-30. oktobrī Rīgā notika **Vissavienības Astronomijas un ģeodēzijas biedrības (VAĢB) IV kongress**, kurā pieņēma jaunus biedrības statūtus. Sk. vairāk *Alksnis A.* *Astronomu un ģeodēzistu kongress Rīgā.* – *ZvD*, 1966, *Pavasaris* (31), 3.-14. lpp.

I.D.

JĀNIS BALODIS

PĀRŠĶIRSTOT JĀNA KLĒTNIEKA GRĀMATU "ASTRONOMIJA UN ĢEODĒZIJA LATVIJĀ LĪDZ 20. GADSIMTAM"

(Turpinājums)

Lai gan līdz 16. gs. Eiropā darbojās jau 46 universitātes, tikai 1631. gadā Zviedrijas karalis Gustavs II Ādolfs parakstīja lēmumu par Akadēmiskās ģimnāzijas nodibināšanu Rīgā. Gandrīz vienlaikus akadēmiskā ģimnāzija tika nodibināta Tērbatā (1630. g. oktobri) un arī Rēvelē (1631).

1632. g. Zviedrijas karalis Gustavs Ādolfs iekarotajā Vidzemē un Igaunijā nodibināja universitāti Tērbatā, kas ieguva nosaukumu *Academia Gustaviana* jeb *Academia Dorpatensis*. (Rīgas Politehnikums dibināts tikai 1862. g.) Jaunās augstskolas izveidošanā liela nozīme bija zviedru Vidzemes ģenerālgubernatora Juhana Šites (*Skytte*, 1577-1645) ierosmei un atbalstam. Viņš uzaicināja mācībspēkus no Vācijas un Upsalas, rūpējās par finansiālo un materiālo nodrošinājumu. Zviedru varas izveidotā universitāte *Academia Gustaviana* pastāvēja Tērbatā 24 gadus. 1656. g. krievu cara Alekseja I Romanova armijai iebrūkot Livonijā, Tērbata padevās pārspēkam. Profesori un studenti izklīda, daļa pārcēlās uz Rēveli (*Tallinn*), kur universitāte ierobežotos apstākļos un ar nelielu studentu skaitu turpināja darboties līdz 1665. g., kad tā uz laiku tika slēgta. Pēc tam, kad 1687. g. Tērbatas lielajā ugunsgrēkā nodega agrākās universitātes ēkas, Zviedrijas karalis Kārlis XI izdeva pavēli celt jaunu mācību korpusu. 1689. g. universitātes darbība tika atjaunota, šoreiz ar nosaukumu *Academia Gustavo-Carolina*. Tomēr bada gadu dēļ 1695. g. to pārcēla uz Pērnavu. *Academia* tika slēgta

tikai pēc tam, kad krievu karaspēks 1710. g. ieņēma Pērnavu. Universitāte 1802. g. tika atjaunota pēc Krievijas imperatora Aleksandra I rīkojuma kā Ķeizarišķā universitāte Tērbatā (*Kaiserliche Universität zu Dorpat*). Atjaunošanas iniciatīva nāca no Vidzemes bruņniecības (saskaņā ar 1783. gadā noteikto administratīvo iedalījumu Vidzemes guberņā ietilpa četri latviešu apdzīvotie apriņķi – Rīgas, Cēsu, Valmieras un Valkas, kā arī četri igauņu apriņķi – Veru, Tērbatas, Vilandes un Pērnavas). Tērbatas universitāte savas pastāvēšanas laikā (1802-1918) izveidojās par ievērojamu augstskolu Krievijas impērijā, kurā strādāja un izglītību ieguva daudzi slaveni zinātnieki, ievērojami valsts un kultūras darbinieki. Pēterburgas Zinātņu akadēmijai tā deva ap 100 isteno un korespondētājocekļu, kā arī sagatavoja mācībspēkus citām valsts universitātem. Tērbatā mācījušies arī vairāk nekā 1300 latviešu, kuri veidoja latvisko inteliģenci, nacionālās kultūras un zinātnes pamatu. Arī 19. gs. pirmajā pusē astronomijas, ģeodēzijas un citu zinātņu nozaru attīstību Baltijas provincēs lielā mērā veicināja Tērbatas universitāte.

17. gs. apvienotās Polijas-Lietuvas karaļvalsts ostas pilsētā Gdaņskā pie astronoma Pētera Krīgera akadēmiskajā ģimnāzijā mācījās Jans Hevēlijs, kuru skolotājs ieinteresēja par astronomiju. Hevēlija ricībā nonāca Krīgeram piederošie astronomiskie instrumenti, un ar tiem viņš sāka astronomiskos novērojumus savas mājas jumtā izveidotajā Gdaņskas

NOVA LITERARIA

ECLIPSIS LUNARIS
OBSERVATA

Rigæ 19. Octobris Anno 1697.

à JOH. PAULO MÖLLERO,

Matheseos Professore Publico.
PHENOMENA.

Horæ Cælum turbidum erat nubibusque tectum, Altitudo
Oscilla- in quo fatu jam per totum diem se exhibuerat, Stella-
torum. adeo ut ne minima spes quidem influentæ ob- rum.
7. o. servationis Astrophilis nostris relinquere tur: do-
8. nec tandem, nubibus ab occidentali vento
o. dispersis, Luna inter earum spacia lumen aut faci-
9. 55. ciem suam nonnihil exereret.

Erat autem eclipsis in recessu, & non an-
plius ultra dimidiam partem Lunæ fiscum um-
bra occupare videbatur. Color erat subater &
non multum abfimilis ei, quo obscuriores &
ordinariæ in Luna maculæ esse solent, nisi quod
circa medium cerneatur, sine omni tamen ru-
bore atque fuliginositate. Præterea quoque cir-
ca confinia umbræ & lucis, conspicua fimbria
erat contractuosa, ut mixtura cur. mitræ formam,
lunam à partibus orientalibus operientem, refer-
ret, non injucundo lustrantium oculis specta-
culo.

Adhibito jam tubospicillo minori trium
pedum, major n. Anglicanæ 12. pedum
propter aëdes depressas usum denegabat, depre-
hendebam umbræ limites paludem Mareotem
Grimaldum dereliquisse.

10. Jam stringere observabatur Insulam Vento. Oculis &
10. 6. rum splendens macula, repletus emergebat 29. gr.
10. 12. ex umbra.

Nubes prætervolantes conspectum impe-
diebant & interdum faltem exhibebant lunæ
faciem

Mēness aptumsuma apraksts. Novērojis profes-
sors J.P. Mellers 1697. gada 19. oktobrī Rīgas
Akadēmiskās ģimnāzijas observatorijā, publicēts
libekā (1704).

observatorijā (1641). Pamazām tā kļuva par
tālaika Eiropas ievērojamāko astronomijas
centru. Jana Hevēlija (1611-1687) iekārtotā
observatorija tika aprīkota ar tajā laikā preci-
zākajiem astronomiskajiem instrumentiem.
Observatorijai piederēja arī sava tipogrāfija,
kurā iespiestie darbi par Saules, Mēness,
planētu, zvaigžņu un dažādu debess parā-
dību novērojumiem, atklājumiem un pētīju-
miem lielā mērā sekmēja observatorijas no-
dibināšanu Parīzē, Londonā un citās vietās.
Iespējams, ka šis ietekmes rezultātā 17. gs.
astondesmitajos gados arī Rīgā izveidojās
neliela observatorija akadēmiskajā ģimnā-
zijā. Taču sava laikmeta lielākajā observato-
rijā Gdaņskā neatradās neviena izcilā astro-

noma Jana Hevēlija darba turpinātāja. Tie-
šais ievērojamā astronoma palīgs Georgs
Krigers pēc ugunsgreka observatorijā pār-
cēlās uz Kurzemes un Zemgales hercogisti un
tur ierobežotos apstākļos turpināja astrono-
misko darbību. Lai gan Kurzemes un Zem-
gales hercogiste 17. gs. vidū hercoga Jēkaba
valdīšanas sākuma gados (1639-1661) bija
kļuvusi par ekonomiski spēcīgu Polijas-Lietu-
vas vasaļvalsti, tomēr šajos laikos tā jau pie-
dzīvoja savas ekonomiskās varenības norietu.
Nesenajā Zviedrijas un Polijas kara laikā
(1655-1661) zviedru karaspēks iebruka her-
cogistē, to izpostīja un pašu hercogu sagūs-
tīja. G. Krigers astronomisko darbību herco-
gistē sāka ar Kurzemes apstākļiem piemērota
kalendāra sastādīšanu. Pirmais "Kurzemes
horizontam" aprēķinātais 1681. g. kalendārs
vācu valodā iespiests Gdaņskā. Lai gan her-
cogistei tajā laikā Jelgavā jau bija tipogrāfija,
tomēr kalendāru iespiešanai nepieciešamās
burtu zīmes vēl nebija iegādātas. Šā apstākļa
dēļ arī turpmākie Kurzemes kalendāri līdz
1692. g. iespiesti Gdaņskā. Sākot ar 1693.
g., Kurzemes kalendāru iespiešanu pārņēma
hercogistes tipogrāfija Jelgavā. Kalendāri ie-
tvēra vienkāršākās astronomiskās zināšanas
par diennakts rituma hronoloģiju, sakārtojot
kalendāro gadu pa nedēļām, mēnešiem, ga-
dalaikiem, un sniedza vispārīgas ziņas par
novērojamām debess parādībām. Bez paras-
tajām kalendāra tabulām un baznīcas svēto
dienām lasītājs tajos atrada ziņas par dienu
garumu, Mēness un planētu stāvokli zodiakā,
sagaidāmiem Saules un Mēness aptumsu-
miem un meteoroloģiskās laika prognozes.
Kalendāros bija norādītas "astroloģiski labvē-
līgās dienas", kad veikt dažādus lauksaim-
niecības darbus. No 1775. g. kalendāru sa-
stādīšanu pārņēma Kurzemes hercoga astro-
noms Vilhelms Beitlers.

Pēc Zviedrijas-Polijas kara beigām (1629)
daudzas zemnieku sētas bija izpostītas un
izmirušas. Nodokļu ievākšanas nolūkā uzva-
rējušās Zviedrijas varas iestādes iekarotajā
Livonijas zemē sāka muižu un zemnieku sētu

uzskaiti, t.s. arklu revīziju. Par platības vienu pieņēma ar vienu zirga vilktu arklu apstrādāt iespējamo platību. Pirmās revīzijas notika jau 1601., 1624., 1630.-1635. gadā. Valsts ieceltie revidenti apskatīja atsevišķo muižu stāvokli, noskaidroja to piederību, zemnieku sētu skaitu un apstrādājamās zemes lielumu "arklos".

1680. gadā Zviedrijas karaļa Kārļa XI valdīšanas laikā sāka Lielā zviedru kadastra Vidzemes muižu vispārējā uzmērīšana un plānu sastādīšana, kuras laikā veica jaunu kadastrālo vērtēšanu un valsts muižu redukciju. Lielā zviedru kadastra rezultātā Vidzemē tika izveidoti ne vien topogrāfiskie pārskati par provinces zemi, bet arī par iedzīvotāju skaitu, muižu un zemesceļu izvietojumu. Laikā no 1681. līdz 1696. g. zviedru mērnieki un zīmētāji Vidzemē bija sastādījuši vairāk nekā 1500 karšu un muižu zemju plānu. J. Ulriha atlantā ietvertas Vidzemes lielāko ceļu 34 kartes. Bez šā atlanta zviedru mērnieki izgatavoja arī atsevišķas ceļu kartes pasta satiksmei un militāriem mērķiem karaspēka pārvietošanai. Šos darbus Vidzemē nepaguva pabeigt, jo 1700. g. sākās Lielais Ziemeļu karš, kura rezultātā Vidzemi iekaroja krievu karaspēks un tā kļuva par Krievijas impērijas provinci.

Lai gan **4. nodaļa** saucas "Vidzemes ģeogrāfiskā izpēte 18. gadsimtā", tomēr lielā mērā stāstījums saistās ar Krieviju. Diemžēl šis gadsimts Latvijai ritēja Krievijas divgalvainā ērgļa paspārnē, arī astronomijas un ģeodēzijas attīstības jomā. Tomēr, salīdzinot ar PSRS laiku, atšķirības šķiet ļoti lielas. Krievijas impērijas laikā Pēterburga caur Baltiju bija saistīta ar Eiropu, caur Baltiju ieplūda zināšanu un attīstības idejas. Zviedru kadastra, kartogrāfijas un mērniecības sasniegumi, Eiropas astronomiskās ģeodēzijas mērījumi un Zemes mērīšanas pirmsākumi bija par pamatu sapratnei par plašās Krievijas teritorijas mērīšanas nepieciešamību valsts pārvaldības un karu vajadzībām. Tāpat kā viscaur grāmatā, arī šajā nodaļā Latvija aplūkota

uz vispārējās izglītības un attīstības fona.

18. gs. sākumā pēc Ziemeļu kara (1700-1721) Vidzeme un Igaunija nonāca Krievijas impērijas sastāvā. 1772. g. Krievijai pievienoja latgali un 1795. g. – arī Kurzemes un Zemgales hercogisti. Baltijas provinces administratīvi pārveidoja par valsts guberņām, un spēkā stājās Krievijas likumi, kas skāra pārvaldes, saimnieciskās dzīves un izglītības jomas. Taču Baltijā saglabājās agrākā baltvācu muižniecības iedibinātā kārtība. Baltvācu muižniecība savu ietekmi izplatīja arī Krievijas cara galmā, izvirzoties augstos valsts amatos. Baltija kļuva par tiltu, kas savienoja Krieviju ar Rietumeiropu. Caur šo impērijas rietumu apgabalu Krievijā ieplūda spēcīgs eiropēiskās zinātnes un kultūras strāvojums.

Pēc cara Pētera I ierosmes Pēterburgā nodibināja Zinātņu akadēmiju (1726), kurā iesaistīja ievērojamus ārzemju zinātniekus. Akadēmijā izveidoja astronomisko observatoriju un nodibināja Ģeogrāfijas departamentu. Krievijā attīstījās plaša kartogrāfiskā darbība, lai valsts lielo teritoriju no Baltijas jūras līdz Klusajam okeānam ģeogrāfiski apzinātu un attēlotu kartēs. Astronomijas un ģeodēzijas speciālistu sagatavošana Krievijā sāka nostiprināties pēc Pēterburgas ZA nodibināšanas. Pēteris I darbā uz Krieviju uzaicināja franču astronomu un kartogrāfu Žozefu Nikolā Delilu (1688-1768), Parīzes ZA locekli. Delils tolaik bija pazīstams kā Parīzes observatorijas dibinātāja Džovanni Dominika Kasīni astronomiskās skolas pārstāvis. Delils Pēterburgas ZA nostrādāja 21 gadu (1726-1747) un ar savu zinātnisko darbību deva nozīmīgu ieguldījumu astronomijas, ģeodēzijas un kartogrāfijas attīstībā. Observatoriju papildināja ar instrumentiem no Pētera I personiskās kolekcijas un vēlāk iegādājās vairākus svārsta pulksteņus, starp kuriem viens jau bija ar sekunžu rādītāju. Astronomiskie pulksteņi veidoja pirmo precīzā laika staciju Krievijā. Pusdienas laiku Pēterburgā paziņoja ar lielgabala šāviena troksni.

(Nobeigums sekos)

JEVGENIJS LIMANSKIS, ANDREJS LIMANSKIS

ASTRONOMIJA FILATĒLIJĀ PĒC SAG 2009: 2010-2013

(Nobeigums, sākums ZvD, 2014/15, Ziema, 52. lpp.)



Atzīmējot pirmā vadāmā suborbitālā kosmiskā lidojuma 50-gadi (*Mercury Project*), **ASV Pasts** 2011. gada 4. maijā izdeva marku pāri "Astronauts Alans Šepards" un "Pirmais pavadonis orbītā ap Merkuru" (*MESSENGER Mission*). Marka *MESSENGER* izdota ar Džonsa Hopkinisa universitātes (*ASV*) Lietišķās fizikas laboratorijas (*Applied Physics Laboratory, the Johns Hopkins University*) palīdzību. Pats aparāts bija uzbūvēts laboratorijā pēc NASA projekta. Aparātu palaida 2004. g. 3. augustā. Saskaņā ar debess mehānikas likumiem tika izmantoti gravitācijas manevri: lidojums garām Zemei, divi – garām Venērai un trīs gar Merkuru. 2011. gadā tas iegāja orbītā ap Merkuru. Aparāts līdz savai krišanai 2015. g. 30. aprīli uz Merkura virsmas pētīja planētas ķīmiju, fiziku, ģeoloģiju, eksosfēru un plazmas apvalku.

Jordānijas Pasts 2012. gada 23. janvārī izlaida četru marku sēriju "Vecie astro-

nomiskie instrumenti": astrolābija, teleskops, sekstants, Saules pulkstenis. Nomināli piastros. Uz markām uzrādīts gads "2011".

Itālijas Pasts 2012. g. 11. aprīlī izlaida marku "250 gadu Barbanera almanaham" (*IL LUNARIO BARBANERA, 1762-2012*). Uz markas Barbanera portrets, pa labi – viņa pirmais almanahs. Kalendārs iespiests 1762. gadā uz vienas lapas tipogrāfijā, kas izdeva A. Dantes "Dievišķo komēdiju" 1472. gadā. Attēlota Saule un Mēness, Mēness fāzes, laika prognoze, aptumsumu laiks, sējas (izaudzēšanas, iekopšanas) laiks. Kalendārs izvērtās par almanahu un kļuva populārs.



Austrijas Pasts 2012. g. 5. maijā izdeva marku "100 gadi, kopš kosmiskos starus atklājis Viktors F. Hess" (1883-1964). Uz markas attēlots Hess pie zinātniskas aparatūras, kosmiskās daļiņas darbības shēma Zemes atmosfērā, kosmiskā telpa.

V. Hess beidza universitāti Grācā, 1906. gadā aizstāvēja doktora disertāciju fizikā, strādāja Vīnes universitātes Rādijs pētījumu institūtā. Pēc astotās pacelšanās





gaisa balonā 1912. g. augustā pārliecinājās, ka starojums nāk ne no Zemes, ne no Saules, bet no kosmosa. Kosmiskie stari radija gaisa jonizēšanos. No 1919. līdz 1921. g. strādāja Grācas universitātē, 1921.-1923. gadā – ASV, kur vadīja ASV Rādija korporācijas pētniecības laboratoriju Orindžā, Ņūdžersijas štatā. Atgriezās Grācā 1923. g. un pēc diviem gadiem kļuva profesors, bet 1929. g. – fakultātes dekāns. No 1931. g. strādāja universitātes Radiācijas pētījumu institūtā Insbrukā. Nodibināja kosmisko staru pētījumu staciju. 1936. g. par kosmisko staru atklāšanu V. Hess kopā ar Karlu Andersonu (ASV) saņēma Nobela prēmiju fizikā.

Pēc fašistu nākšanas pie varas Austrijā 1938. g. Hess tika atcelts no sava amata Grācā, jo viņa sieva bija ebrejiete, bet pats – gāztā un drīz vien arestētā Austrijas valdības kanclera Kurta fon Šušinga ziņātniskais padomnieks. Ar sievu aizbēga uz Šveici, bet pēc tam uz ASV. Pasniedza fiziku Fordhemas universitātē. 1944. g. ieguva ASV pilsonību. 1946. g. pie viņa vērsās ar lūgumu vadīt pasaulē pirmos radioaktīvo nogulšņu līmeņa mērījumus ASV teritorijā pēc Hirošimas atombombardēšanas.

V. Hesa galvenie zinātniskie darbi ir kosmisko staru fizikā, radioaktivitātē, atomteorijā, optikā. Viņam piešķirti pagodinājumi Vīnes universitātē, Lojolas universitātē Čikāgā un Jaunorleānas universitātē, Fordhemas universitātē.

Meksikas Pasts 2013. g. 21. martā izlaida marku "Simts gadu kopš Giljermo Aro (Guillermo Haro Barraza, 1913-1988) dzimšanas". Uz markas astronoma G. Aro portrets,



Giljermo Aro Astrofizikas observatorijas (OAGH) 2,1 m teleskops un Andromedas miglāja (M 31) attēls, iegūts ar Tonantcintlas (Tonantzintla) observatorijas Šmidta teleskopu.

G. Aro beidzis Meksikas Nacionālo autonomo universitāti (UNAM). Strādājis Tonantcintlas astrofizikas observatorijā (1941), ASV observatorijās (1944-1946), Nacionālajā astronomijas observatorijā (1947-1972). Atklājis daudz planetāro miglāju – Herbiga-Aro objektu (1952), jaunas zvaigznes, komētu, pārnovu, "zilās" galaktikas (1956). Zinātnisko pētījumu akadēmijas (Mehiko) prezidents (1960-1962), Starptautiskās Astronomu savienības viceprezidents (1961-1967). Ieguvis PSRS ZA M. Lomonosova zelta medaļu (1985).

Horvātijas Pasts 2013. g. 16. aprīlī izlaida marku "Stepans Gradičs (1613-1683)" (horv. *Stjepan Gradić*, itāl. *Stefano Gradij*). Jezuitu ordeņa loceklis, horvātu diplomāts, zinātnieks, filozofs, latīņu dzejnieks. Nodarbojās ar matemātiku, fiziku, astronomiju. Septiņus gadus Romā mācījās filosofiju un teoloģiju. Zināja septiņas valodas. Bija pāvestu Urbāna VIII un Aleksandra VII privātsēkretārs. No 1661. g. kalpoja Vatikāna bibliotēkā, bet no 1682. g. vadīja to. Romas un Padujas zinātņu akadēmiju loceklis.





Ņujorkā: V 838 Mon + WR 25 TR 16-244; Ženēvā: NGC 2346 + SH 2-106; Vinē: NGC 7293 + NGC 1850

Apvienoto Nāciju Pasta administrācija (*United Nations Postal Administration – UNPA*) 2013. g. 9. augustā savos namos Ņujorkā, Ženēvā un Vinē izlaida pa divām markām *Miglāji* gaidāmajai Vispasaules kosmosa nedēļai 4.-10. oktobrī. Izdoti bloki, pirmās dienas aplokšnes un atklātnes. Markas nodrukātas Lietuvā tipogrāfijā *UAB Garsu Pasaulis*, mākslinieks *Sergio Baradat (UN)*. Ņujorkā nomināli dolāros, Ženēvā – frankos un Vinē – eiro.

Armēnijas Pasts 2013. g. 21. novembrī izlaida marku “Benjamins Markarjans. 1913-1985”. Nomināls 170 dramī. Uz markas astronoma B. Markarjana portrets, Birakanas Astrofizikas observatorijas kupols un galaktika Mrk 509 no Markarjana kataloga.

B. Markarjans 1938. g. pabeidza Erevānas Valsts universitāti, 1941. g. – Ļeņingradas VU aspirantūru. 1944. g. V. Ambarcumjana vadībā aizstāvēja kandidāta disertāciju. No 1944. g. kopš nodibināšanas strādāja Birakanas observatorijā. No 1943. līdz 1957. g. pasniedzējs Erevānas VU. Birakanas AO direktors V. Ambarcumjans uzdeva vienam no vadošajiem novērotājiem B. Markarjanam veikt ultravioleto spektrālo debess apskatu. Darbs sākās 60. gadu vidū, ieguva 2700 uzņēmumu. 1967. g. B. Markarjans publicēja ar paugstinātu ultravioleto starojumu novēroto objektu katalogu (Markarjana galaktikas). No 1971. g. Armēnijas PSR ZA akadēmīks, publicējis vairāk nekā 100 zinātnisko darbu, kas attiecas uz zvaigžņu un ārpusgalaktikas astronomiju.

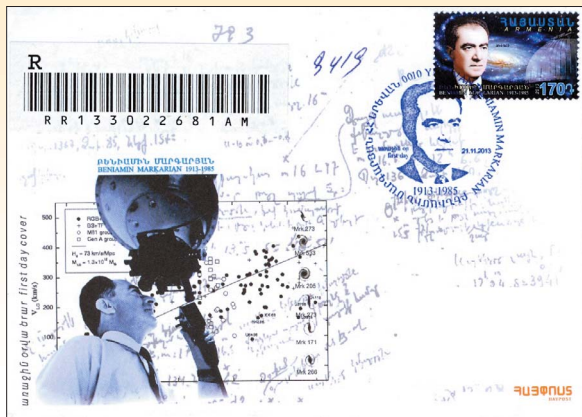
2009. g. sept.-dec. zinātnieku grupa vāca mērījumus par Markarjana galaktiku Mrk 509 no pieciem kosmiskajiem aparātiem: *XMM-Newton*, *Hubble*, *Chandra*, *INTEGRAL* un *Swift*. Tika izmantoti arī divi virszemes teleskopi *WHT* (4,2-m *William Herschel Telescope* Kanāriju salās, Spānija) un *PAIRITEL* (1,3 m *Peters Automated Infrared Imaging Telescope*, Arizona, ASV). 26 zinātnieki no 20 valstīm apstrādāja informāciju gandrīz līdz 2011. g. vasaras vidum. Tika noteiktas melnā cauruma iedarbības detaļas uz matēriju ap Mrk 509. Pētījumu rezultāti publicēti desmitos rakstu, arī žurnāla *Astronomy and Astrophysics*.

Citas interesantas filatēlijas tēmas ir mazo valstu pirmie ZMP, piem., Igaunijas, Polijas u.c. un Marsa pētījumi.

Kosmiskie aparāti pēta Visumu, bet cilvēka domas aptver visumus.

Avoti:

- Лебедев Е. Н. «Ломоносов» <http://lib.co.ua/biography/alebedev/lomonosov.p01.jsp>
- Wikipedia.org
- Большая Советская Энциклопедия www.big-soviet.ru
- Кочинский И. Г., Корсунь А. А., Родригес М. Т. Астрономы. Биографический справочник. – Киев, 1986.
- Календарь: прошлое, настоящее, будущее. – Москва, Наука, 1987.
- A&A, vol. 534, Oct. 2011, Multiwavelength campaign on Mrk 509: <http://www.aanda.org/articles/aa/abs/2011/10/aa16869-11/aa16869-11.html>.
- Pasaules pasta administrāciju ziņojumi. 🐦



DEBESS SPĪDEKĻI 2015. GADA RŪDENĪ

Šogad **rudens ekvinokcijas** brīdis būs **23. septembrī plkst. 11^h21^m**. Saule ieies Svaru zodiaka zīmē ($\♎$) un sāksies **astro-nomiskais rudens**. Vēl Saule pāries no debess sfēras ziemeļu puslodes uz dienvidu puslodi, un dienas kļūs īsākas par naktīm.

Savukārt ziemas saulgrieži 2015. gadā būs **22. decembrī plkst. 6^h48^m**. Saule ieies Mežāža zodiaka zīmē ($\♐$), beigsies astro-nomiskais rudens un sāksies astronomiskā ziema.

Pāreja no vasaras laika **uz joslas lai-ku** notiks naktī no 24. uz 25. oktobrī.

Rudeņos Latvijā skaidrs laiks ir diezgan reti. Tomēr tajās reizēs, kad tas ir, zvaigžņotā debess atstāj diezgan lielu iespaidu, sevišķi tad, ja zvaigznes var vērot laukos, kur ne-traucē elektriskais apgaismojums. Oglmelnā- jās debesis tad ir redzami praktiski visi iespē- jamie spīdekļi, Piena Ceļa joslu ieskaitot. Tāpēc viegli var rasties izjūtas par Visuma bezgalību un mūžību. Ne velti rudens ir laiks, kurš pats par sevi vedina uz filozofiskām un garīgām pārdomām.

Rudens debesis visvairāk izceļas Pegaza un Andromedas kvadrāts. Tāpēc tieši šos zvaigznājus var uzskatīt par raksturīgākajiem rudens zvaigznājiem, lai arī tajos nav spožā- ku zvaigžņu par +2^m lielumu. Arī Auna, Trij- stūra, Zivju, Valzivs, Mazā Zirga un Ūdens- vīra zvaigznājos nav spožu zvaigžņu. Vienīgi Dienvidu Zivs spožākā zvaigzne Fomalhauts ir pirmā lieluma zvaigzne. Tomēr tā pie mums pat kulminācijā ir redzama ļoti zemu pie hori- zonta (ne vairāk kā 3°).

Andromedas zvaigznājā atrodas slave- nais Andromedas miglājs (M31). To iespē- jams saskatīt pat ar neapbruņotu aci. Līdzīgs miglājs (galaktika) M33 ar binokli saskatāms Trijstūra zvaigznājā. Spoža lodveida zvaig- žņu kopa M2 aplūkojama Ūdensvīra zvaig- znājā, un līdzīga M15 – Pegaza zvaigznājā.

Rudens otrajā pusē pēc pusnakts labi redzami kļūst skaistie ziemas zvaigznāji – Ori- ons, Vērsis, Dvīņi, Vedējs, Lielais Suns, Ma- zais Suns.

Saules šķietamais ceļš 2015. gada rudenī kopā ar planētām parādīs *1. attēlā*.

PLANĒTAS

30. septembrī **Merkurs** nonāks apakšējā konjunkcijā ar Sauli (starp Zemi un to). Tāpēc rudens sākumā tas nebūs redzams. Tomēr jau 16. oktobrī Merkurs atradīsies maksimālajā rietumu elongācijā (18°). Tāpēc, sākot apmē- ram ar 10. oktobrī un gandrīz līdz oktobra beigām, tas būs diezgan labi redzams rītos, neilgi pirms Saules lēkta, zemu pie horizonta dienvidaustrumu pusē. Tā spožums šajā laikā būs -0^m,5.

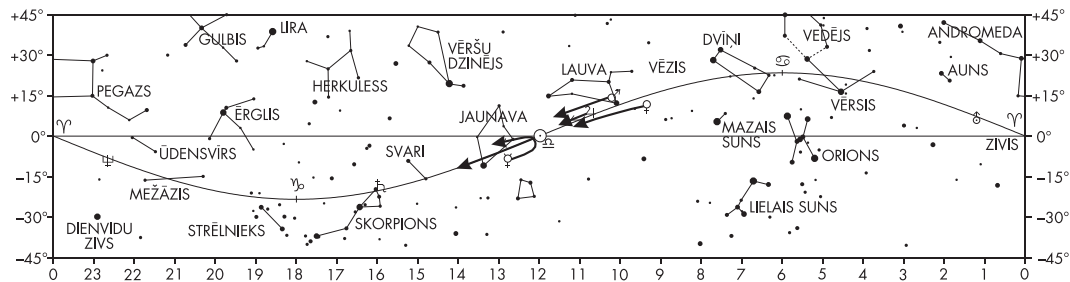
Oktobra beigās un novembra sākumā Merkura elongācija samazināsies un tas vairs nebūs novērojams. 17. novembrī Merkurs nonāks augšējā konjunkcijā ar Sauli (aiz tās). Tāpēc arī ap novembra vidu, beigās un de- cembra sākumā tas nebūs redzams.

Pašās rudens beigās Merkura austrumu elongācija sasniegs 18°, tomēr tik un tā novē- rošana vakaros praktiski nebūs iespējama.

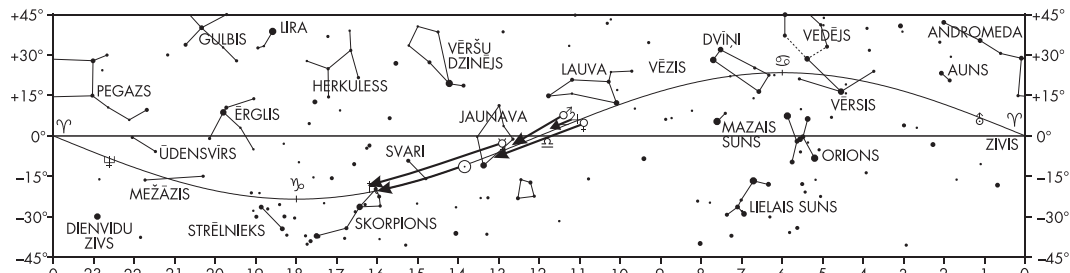
11. oktobrī plkst. 14^h Mēness paies garām 1° uz leju, 11. novembrī plkst. 11^h 2° uz augšu un 12. decembrī plkst. 23^h 6° uz augšu no Merkura.

2015. g. rudenī **Venēra** būs ļoti labi novērojama. 26. oktobrī tā atradīsies maxi- mālajā rietumu elongācijā (46°). Tāpēc visu rudenī tā leks vairākas stundas pirms Saules un spoži spīdēs austrumu, dienvidaustrumu pusē. Venēras redzamais spožums oktobra beigās būs -4^m,4.

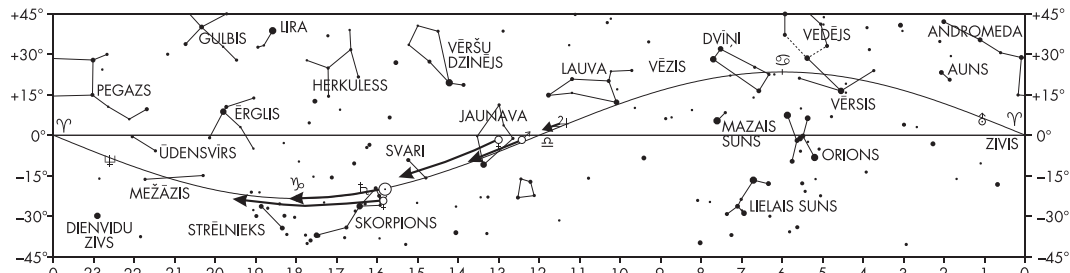
8. oktobrī plkst. 23^h Mēness paies garām 1° uz leju, 7. novembrī plkst. 14^h 2° uz leju un 7. decembrī plkst. 19^h Mēness aizklās



23.09.2015. – 23.10.2015.



23.10.2015. – 22.11.2015.



22.11.2015. – 22.12.2015.

1. att. Ekliptika un planētas 2015. gada rudenī.

Venēru, atrodoties zem horizonta.

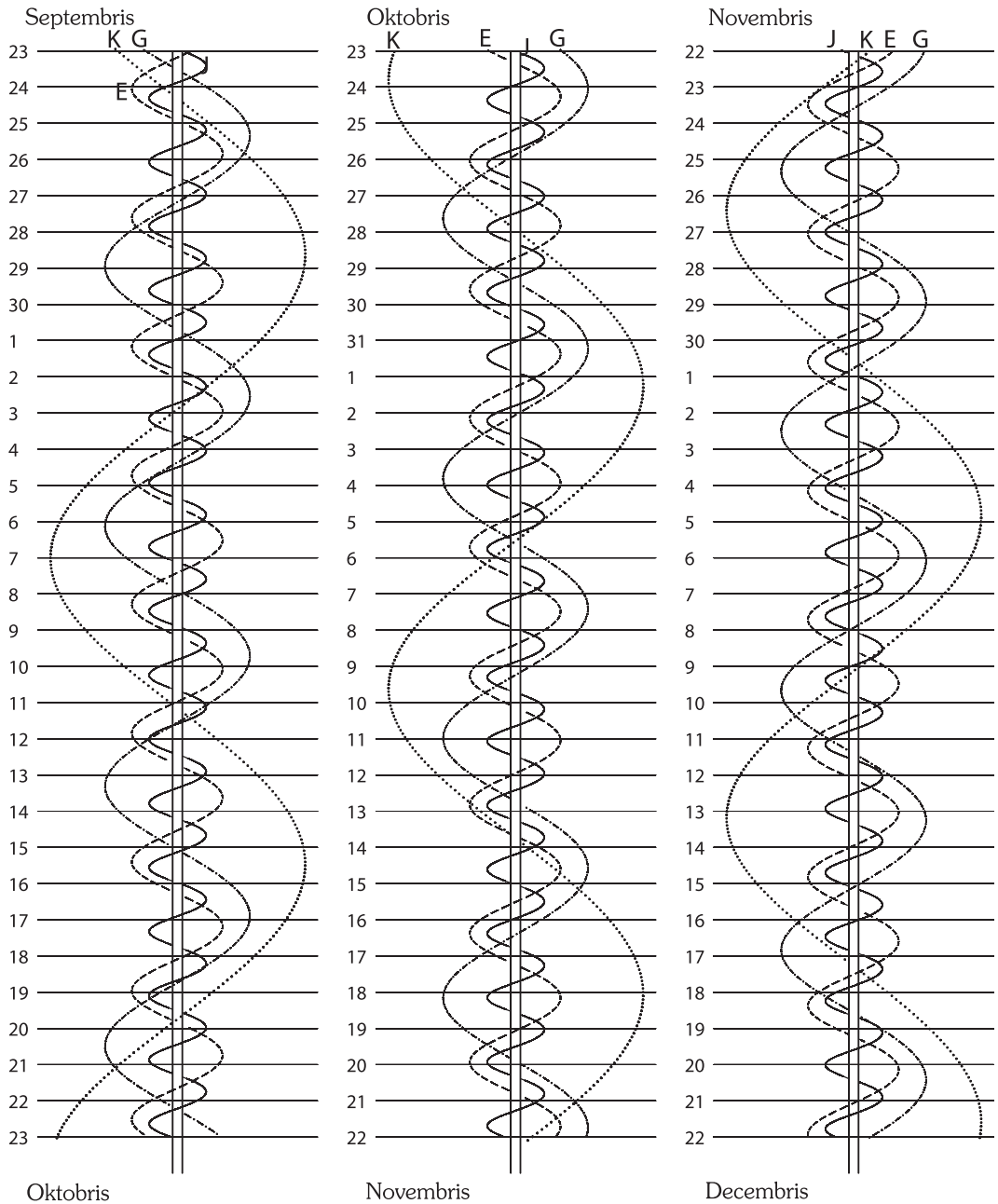
Rudens sākumā un oktobrī **Mars** atradīsies Lauvas zvaigznājā. Šajā laikā tas būs novērojams apmēram trīs stundas pirms Saules lēkta horizonta austrumu pusē. Tā spožums šajā laikā būs $+1^m,8$.

Novembrī un decembrī **Mars** atradīsies Jaunavas zvaigznājā. Šajā laikā tā redzamības apstākļi uzlabosies – pieaugs redzamības ilgums pirms Saules lēkta un augstums virs horizonta.

Pašās rudens beigās tas jau būs redzams vairāk nekā piecas stundas pirms Saules lēkta un tā spožums būs $+1^m,4$.

9. oktobrī plkst. 17^h Mēness paies garām 4° uz leju, 7. novembrī plkst. 10^h 2° uz leju un 6. decembrī plkst. 4^h 1° uz leju no Marsa.

Pašā rudens sākumā un oktobra pirmajā pusē **Jupiters** būs novērojams rīta pusē, vairākas stundas pirms Saules lēkta. Tā spožums šajā laikā būs $-1^m,7$. Oktobra otrajā pusē un novembra pirmajā pusē Jupiters būs



2. att. Jupitera spožāko pavadoņu redzamība 2015. gada rudenī. Jo (I), Eiropa (E), Ganimēds (G), Kallisto (K). Austrumi attēlā atrodas *pa labi*, rietumi – *pa kreisi*.

redzams, apmēram 5 stundas pirms Saules lēkta. Novembra otrajā pusē un decembrī tas būs ļoti novērojams nakts otrajā pusē. Tā spožums rudens beigās sasniegs $-2^m,1$.

Visu rudenī Jupiteris atradīsies Lauvas zvaigznājā, tuvu robežai ar Jaunavas zvaigznāji.

Jupitera spožāko pavadoņu redzamība 2015. g. rudenī parādīta 2. attēlā.

10. oktobrī plkst. 0^h Mēness paies garām 3° uz leju, 6. novembrī plkst. 16^h 3° uz leju un 4. decembrī plkst. 6^h 2° uz leju no Jupitera.

Paša rudens sākumā un oktobra sākumā **Saturns** vēl būs nedaudz novērojams, īsu brīdi pēc Saules rieta, zemu pie horizonta dienvidrietumu pusē. Oktobra otrajā pusē tas praktiski nebūs novērojams, jo rietēs drīz pēc Saules. 30. novembrī Saturns būs konjunktijā ar Sauli. Tāpēc arī novembrī un decembra pirmajā pusē Saturns nebūs redzams. Tikai pašās rudens beigās, ap ziemas saulgriežiem, to varēs sākt novērot rītos, neilgi pirms Saules lēkta. Tā spožums šajā laikā būs $+0^m,5$.

Rudens sākumā un oktobra pirmajā pusē Saturns atradīsies Svaru zvaigznājā. Oktobra otrajā pusē un novembrī – Skorpionā zvaigznājā. Decembrī Saturns atradīsies Čūskneša zvaigznājā.

16. oktobrī plkst. 17^h Mēness paies garām 2° uz augšu, 13. novembrī plkst. 3^h 2° uz augšu un 10. decembrī plkst. 16^h 2° uz augšu no Saturna.

3. att. Saules un planētu kustība zodiaka zīmēs.

☉ – Saule – sākuma punkts 23. septembrī 0^h, beigu punkts 22. decembrī 0^h (šie momenti attiecas arī uz planētām; simbolu novietojums atbilst sākuma punktam).

☿ – Merkurs	♀ – Venēra
♂ – Marss	♃ – Jupiteris
♄ – Saturns	♅ – Urāns
♆ – Neptūns	

1 – 9. oktobris 18^h.

Rudens sākumā un oktobrī **Urāns** būs ļoti novērojams praktiski visu nakti, jo 12. oktobrī atradīsies opozīcijā. Tā spožums šajā laikā būs $+5^m,7$.

Novembrī un decembra pirmajā pusē tas būs redzams lielāko nakts daļu, izņemot rīta stundas. Pašās rudens beigās to varēs redzēt nakts pirmajā pusē.

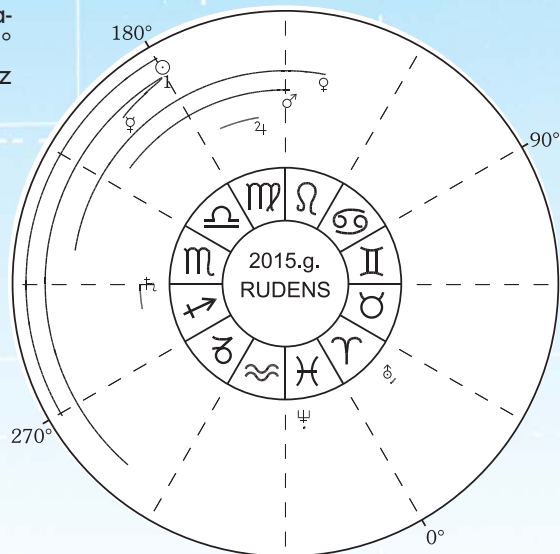
Visu šo laiku Urāns atradīsies Zivju zvaigznājā. Tā atrašanai nepieciešams vismaz binoklis un zvaigžņu karte.

29. septembrī plkst. 4^h Mēness paies garām $1,5^\circ$ uz leju, 26. oktobrī plkst. 12^h $1,5^\circ$ uz leju, 22. novembrī plkst. 21^h $1,5^\circ$ uz leju un 20. decembrī plkst. 3^h $1,5^\circ$ uz leju no Urāna.

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

MAZĀS PLANĒTAS

2015. g. rudenī opozīcijā vai tuvu opozīcijai ir spožākas par $+9^m$ būs piecas mazās planētas – Vesta (4), Eunomija (15), Euterpe (27), Amfitrīte (29) un Nausikā (192).



Vesta:

Datums	α_{2000}	δ_{2000}	Attālums no Zemes, a. v.	Attālums no Saules, a. v.	Spožums
23.09.	0 ^h 45 ^m	-8°11'	1.427	2.413	6.3
3.10.	0 36	-9 14	1.436	2.422	6.3
13.10.	0 27	-10 00	1.472	2.431	6.4
23.10.	0 19	-10 24	1.532	2.440	6.6
2.11.	0 13	-10 24	1.615	2.449	6.9
12.11.	0 10	-10 02	1.715	2.458	7.1
22.11.	0 10	-9 21	1.831	2.466	7.3
2.12.	0 13	-8 24	1.956	2.474	7.5
12.12.	0 17	-7 13	2.089	2.482	7.6
22.12.	0 24	-5 53	2.227	2.490	7.8

Eunomija:

Datums	α_{2000}	δ_{2000}	Attālums no Zemes, a. v.	Attālums no Saules, a. v.	Spožums
23.09.	0 ^h 10 ^m	+23°22'	1.222	2.179	8.0
3.10.	0 01	+22 58	1.206	2.171	7.9
13.10.	23 53	+22 08	1.213	2.164	8.0
23.10.	23 46	+21 01	1.243	2.159	8.1
2.11.	23 43	+19 48	1.293	2.155	8.3
12.11.	23 43	+18 41	1.361	2.151	8.5
22.11.	23 47	+17 47	1.443	2.149	8.7
2.12.	23 53	+17 10	1.537	2.149	8.9
12.12.	0 02	+16 51	1.640	2.149	9.1

Euterpe:

Datums	α_{2000}	δ_{2000}	Attālums no Zemes, a. v.	Attālums no Saules, a. v.	Spožums
2.12.	6 ^h 33 ^m	+22°38'	1.021	1.945	9.3
12.12.	6 26	+22 55	0.979	1.943	9.0
22.12.	6 16	+23 13	0.960	1.943	8.6

Amfitrite:

Datums	α_{2000}	δ_{2000}	Attālums no Zemes, a. v.	Attālums no Saules, a. v.	Spožums
23.09.	2 ^h 15 ^m	+18°03'	1.532	2.401	9.5
3.10.	2 09	+18 12	1.464	2.397	9.2
13.10.	2 01	+18 05	1.418	2.393	9.0
23.10.	1 51	+17 45	1.398	2.389	8.7
2.11.	1 41	+17 14	1.404	2.386	8.9
12.11.	1 33	+16 40	1.437	2.383	9.1

Nausikā:

Datums	α_{2000}	δ_{2000}	Attālums no Zemes, a. v.	Attālums no Saules, a. v.	Spožums
2.11.	3 ^h 49 ^m	+32°57'	0.946	1.887	9.3
12.11.	3 39	+33 04	0.937	1.905	9.1
22.11.	3 27	+32 42	0.950	1.924	9.0
2.12.	3 17	+31 59	0.986	1.945	9.3

KOMĒTAS

Algol c/2013 US10 (*Catalina*) **komēta**. Šī komēta 2015. g. 15. novembrī būs perihēlijā. 2015. g. novembra otrajā pusē un decembrī tā būs labi novērojama ar binokļu un teleskopu palīdzību. Komētas efemerīda ir šāda (0^h U.T.):

Datums	α_{2000}	δ_{2000}	Attālums no Zemes, a. v.	Attālums no Saules, a. v.	Spožums
12.11.	14 ^h 23 ^m	-20°44'	1.778	0.826	4.8
17.11.	14 22	-18 31	1.733	0.823	4.7
22.11.	14 21	-16 11	1.674	0.831	4.7
27.11.	14 20	-13 39	1.601	0.850	4.7
2.12.	14 19	-10 54	1.516	0.878	4.7
7.12.	14 18	-7 49	1.422	0.915	4.8
12.12.	14 18	-4 17	1.319	0.959	4.8
17.12.	14 17	-0 10	1.212	1.008	4.9
22.12.	14 17	+4 47	1.103	1.062	4.9

APTUMSUMI

Pilns Mēness aptumsums

28. septembrī

Šis aptumsums būs novērojams Eiropā, Āfrikā, Atlantijas okeānā, Ziemeļamerikā un Dienvidamerikā. Latvijā būs redzama lielāka daļa aptumsuma, izņemot pašas beigas.

Aptumsuma gaita Latvijā būs šāda:

pusēnas aptumsuma sākums	- 3 ^h 12 ^m ,
daļējā aptumsuma sākums	- 4 ^h 07 ^m ,
pilnā aptumsuma sākums	- 5 ^h 11 ^m ,
maksimālās fāzes (1,28) brīdis	- 5 ^h 47 ^m ,
pilnā aptumsuma beigas	- 6 ^h 23 ^m ,
daļējā aptumsuma beigas	- 7 ^h 27 ^m ,
Mēness riet (Rīgā)	- 7 ^h 29 ^m ,
pusēnas aptumsuma beigas	- 8 ^h 22 ^m .

MĒNESS

Mēness perigejā un apogejā

Perigejā: 28. septembrī 5^h; 26. oktobrī 15^h; 23. novembrī 22^h; 21. decembrī 11^h.

Apogejā: 11. oktobrī 17^h; 8. novembrī 0^h; 5. decembrī 17^h.

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

23. septembrī 20^h52^m Ūdensvirā (♊)

25. septembrī 22^h45^m Zivīs (♈)

27. septembrī 22^h30^m Aunā (♈)

29. septembrī 21^h58^m Vērsī (♉)

1. oktobrī 23^h04^m Dvīņos (♊)

4. oktobrī 3^h23^m Vēzi (♋)

6. oktobrī 11^h32^m Lauvā (♌)

8. oktobrī 22^h52^m Jaunavā (♍)

11. oktobrī 11^h47^m Svaros (♎)

14. oktobrī 0^h39^m Skorpionā (♏)

16. oktobrī 12^h19^m Strēlniekā (♐)

18. oktobrī 21^h53^m Mežāzī (♑)

21. oktobrī 4^h39^m Ūdensvirā

23. oktobrī 8^h19^m Zivīs

25. oktobrī 8^h23^m Aunā

27. oktobrī 8^h08^m Vērsī

29. oktobrī 8^h25^m Dvīņos

31. oktobrī 11^h10^m Vēzi

2. novembrī 17^h49^m Lauvā

5. novembrī 4^h23^m Jaunavā

7. novembrī 17^h15^m Svaros

10. novembrī 6^h04^m Skorpionā

12. novembrī 17^h15^m Strēlniekā

15. novembrī 2^h22^m Mežāzī

17. novembrī 9^h25^m Ūdensvirā

19. novembrī 14^h22^m Zivīs

21. novembrī 17^h13^m Aunā

23. novembrī 18^h27^m Vērsī

25. novembrī 19^h16^m Dvīņos

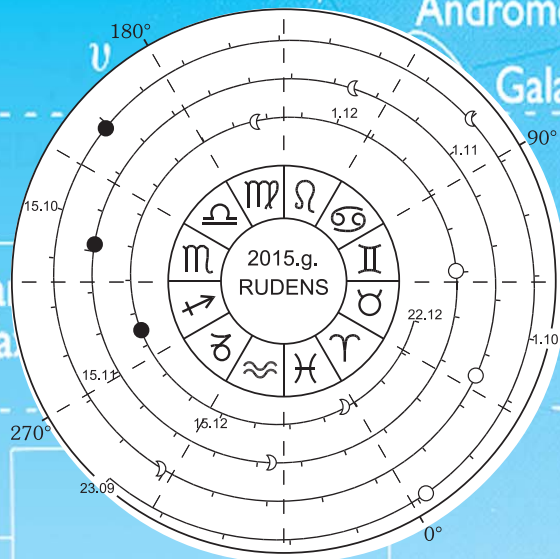
27. novembrī 21^h28^m Vēzi

4. att. Mēness kustība zodiaka zīmēs.

Mēness kustības treka iedaļa ir viena dien-nakts.

- Jauns Mēness: 13. oktobrī 3^h06^m; 11. novembrī 19^h47^m; 11. decembrī 12^h29^m.
- ☽ Pirmais ceturksnis: 20. oktobrī 23^h31^m; 19. novembrī 8^h27^m; 18. decembrī 17^h14^m.
- Pilns Mēness: 28. septembrī 5^h50^m; 27. oktobrī 14^h05^m; 26. novembrī 0^h44^m.
- ☾ Pēdējais ceturksnis: 5. oktobrī 0^h06^m; 3. novembrī 14^h24^m; 3. decembrī 9^h40^m.

- 30. novembrī 2^h48^m Lauvā
- 2. decembrī 12^h10^m Jaunavā
- 5. decembrī 0^h34^m Svaros
- 7. decembrī 13^h27^m Skorpiona
- 10. decembrī 0^h26^m Strēlniekā
- 12. decembrī 8^h48^m Mežāzī
- 14. decembrī 15^h00^m Ūdensvirā
- 16. decembrī 19^h46^m Zivīs



- 18. decembrī 23^h27^m Aunā
- 21. decembrī 2^h14^m Vērsī

Mēness aizklāj spožākās zvaigznes:

Datums	Zvaigzne	Spožums	Aizklāšana	Atklāšana	Mēness augstums	Mēness fāze
29.X	θ ₁ Tau	3 ^m ,8	20 ^h 48 ^m	21 ^h 40 ^m	17° – 24°	92%
29.X	θ ₂ Tau	3 ^m ,4	20 ^h 56 ^m	21 ^h 33 ^m	18° – 23°	92%
30.X	α Tau (Aldebarans)	0 ^m ,9	0 ^h 12 ^m	1 ^h 17 ^m	42° – 48°	91%
29.XI	λ Gem	3 ^m ,6	7 ^h 02 ^m	7 ^h 52 ^m	31° – 25°	87%

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

METEORI

1. **Drakonīdas.** Plūsmas aktivitātes periods ir laikā no 6. līdz 10. oktobrim. Maksimums 2015. gadā gaidāms 9. oktobrī plkst. 8^h40^m. Plūsma ir mainīga, un tās intensitāti ir grūti prognozēt.

2. **Orionīdas.** Plūsmas aktivitātes periods ir laikā no 2. oktobra līdz 7. novembrim. Maksimums 2015. gadā gaidāms 21. oktobrī, kad stundas laikā var būt novērojami apmēram 15 meteori.

3. **Leonīdas.** Šīs plūsmas aktivitātes periods ir no 6. līdz 30. novembrim. 2015. g. maksimums gaidāms 18. novembrī plkst. 6^h. Plūsmas aktivitāti ir grūti prognozēt, tomēr ir iespējami brīži ar samērā lielu meteoru intensitāti – vairāk nekā 15 meteori stundā.

4. **Geminīdas.** Pieskaitāma pie pašām aktivākajām un stabilākajām plūsmām. Tās meteori novērojami laikā no 4. līdz 17. decembrim. Šogad maksimums gaidāms 14. decembrī plkst. 20^h, kad plūsmas intensitāte var sasniegt 120 meteorus stundā. 🦉

CONTENTS

“ZVAIGŽNOTĀ DEBESS” FORTY YEARS AGO *E.Mūkins*. Gravitation Maneuver in Interplanetary Flights (*abridged*). *E.Mūkins*. «Mariner-10» Passing Mercury for the Third Time (*abridged*). *A.Balklavs*. Discussing «Missing Mass in the Universe» (*abridged*). **DEVELOPMENTS in SCIENCE** *K.Schwartz*. Structure of Universe: Stars, Galaxies and Clusters of Galaxies. *D.Docenko*. Hawking Radiation. **ESO COSMIC GEMS** *I.Pundure*. Beautiful Gorgon Medusa Nebula. **SPACE RESEARCH and EXPLORATION** *J.Jaunbergs*. A Big Day for Pluto. **SPACE TECHNOLOGY in PRACTICE** *O.Dumbrājs*. Millimeter Waves in Fight against Terrorism. **CONFERENCES and MEETINGS** *A.Atvars*. Conference Dedicated to Association *FOTONIKA-LV* 5th Anniversary. **FLASHBACK** *K.Schwartz*. Centenary of Einstein’s General Theory of Relativity. *R.Misa*. Project Orion – boom, boom, boom in Space. *A.Alksnis*. Short Trips and Faraway Journeys (*2nd continuation*). **For SCHOOL YOUTH** *M.Kraštinš*. Latvia’s 43rd Open Astronomy Olympiad for Secondary School Students. *M.Avotiņa*. Solutions of Third Round Problems of 65th Latvian State Mathematical Olympiad. **BOOKS** *J.Balodis*. Looking through the Book by Jānis Klētnieks “Astronomy and Geodesy in Latvia till 20th Century” (*continuation*). **COSMOS as an ART THEME** *J.Limansky, A.Limansky*. Astronomy in Philately after IYA 2009: 2010-2013 (*concluded*). *J.Kauliņš*. **ASTRONOMICAL PHENOMENA** in the Autumn of 2015. *Supplement: Astronomical Calendar 2016 (compiled by J.Kauliņš)*

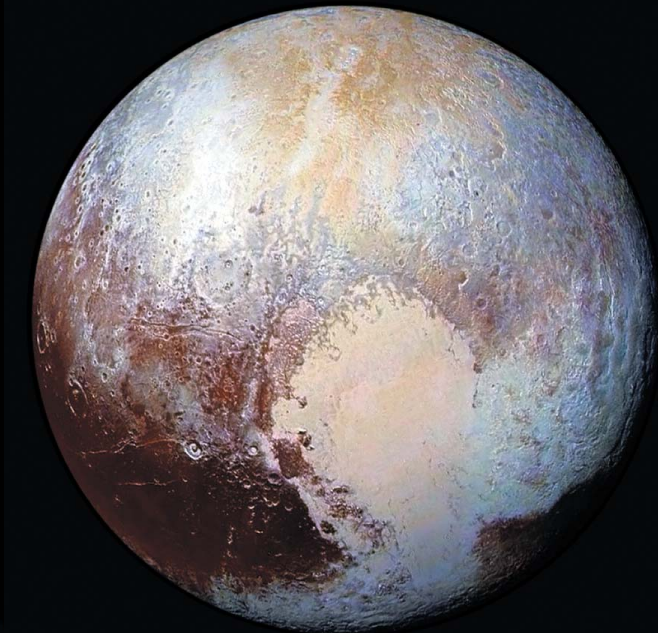
СОДЕРЖАНИЕ (№ 229, Осень, 2015)

В «ZVAIGŽNOTĀ DEBESS» 40 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД Гравитационный маневр в межпланетных полетах (*по статье Э.Мукинса*). «Mariner-10» в третий раз у Меркурия (*по статье Э.Мукинса*). Совецание «Скрытая масса во Вселенной» (*по статье А.Балклавса*). **ПОСТУПЬ НАУКИ** *К.Цварц*. Структура Вселенной: звезды, галактики и скопления галактик. *Д.Доценко*. Излучение Хокинга. **КОСМИЧЕСКИЕ СОКРОВИЩА ESO** *И.Пундуре*. Прекрасная туманность изуверки Медузы. **ИССЛЕДОВАНИЕ и ОСВОЕНИЕ КОСМОСА** *Я.Яунбергс*. Великий день Плутона. **КОСМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ на ПРАКТИКЕ** *О.Думбрайс*. Миллиметровые волны в борьбе против террора. **КОНФЕРЕНЦИИ и СОВЕЩАНИЯ** *А.Атварс*. Конференция посвященная 5-ой годовщине ассоциации *FOTONIKA-LV*. **ОГЛЯДЫВАЯСЬ в ПРОШЛОЕ** *К.Цварц*. Столетие Общей теории относительности Эйнштейна. *Р.Миса*. Проект *Orion* – бум, бум, бум в космос. *А.Алкнис*. Пути близкие, пути далекие (*2-ое продолжение*). **Для ШКОЛЬНОЙ МОЛОДЕЖИ** *М.Крастиньш*. 43-я Латвийская открытая олимпиада по астрономии для школьников. *М.Авотиня*. Решения задач 65-й Латвийской олимпиады по математике. **КНИГИ** *Я.Балодис*. Листая книгу Яниса Клетниэкса «Астрономия и геодезия в Латвии до 20-го века» (*продолжение*). **ТЕМА КОСМОСА в ИСКУССТВЕ** *Е.Лиманский, А.Лиманский*. Астрономия в филателии после МАГ 2009: 2010-2013 (*окончание*). *Ю.Каулиньш*. **НЕБЕСНЫЕ СВЕТИЛА** осенью 2015 года. *Приложение: Астрономический календарь 2016 (составитель Ю.Каулиньш)*

THE STARRY SKY, No. 229, AUTUMN 2015
Compiled by *Irena Pundure*
“Mācību grāmata”, Rīga, 2015
In Latvian

ZVAIGŽNOTĀ DEBESS, 2015. GADA RUDENS
Reģ. apl. Nr. 0426
Sastādījusi *Irena Pundure*
© Apgāds “Mācību grāmata”, Rīga, 2015
Redaktore *Anīta Bula*
Datortālisējis *Jānis Kuzmanis*

ZVAIGŽNOTĀ DEBĒSS



Pa kreisi: Raugoties pret Sauli no Plutona ēnas, ir redzama ne tikai tā atmosfēra, bet arī dūmakas slāņi, kas rodas fotoķīmiskajās reakcijās.

JHU APL / NASA foto

ISSN 0135-129X



9 770135 1129006

Cena 3,00 €

Pa labi: Plutona kompozitattēls no *LORRI* fotokameras melnbaltā attēla kombinācijā ar *Ralph* krāsu datiem. Gaišie apgabali ir klāti ar sasaluša slāpekļa ledājiem, tumšie – ar organiskām vielām.

JHU APL / NASA fotomontāža

Sk. *Jaunbergs J.* Plutona lielā diena.