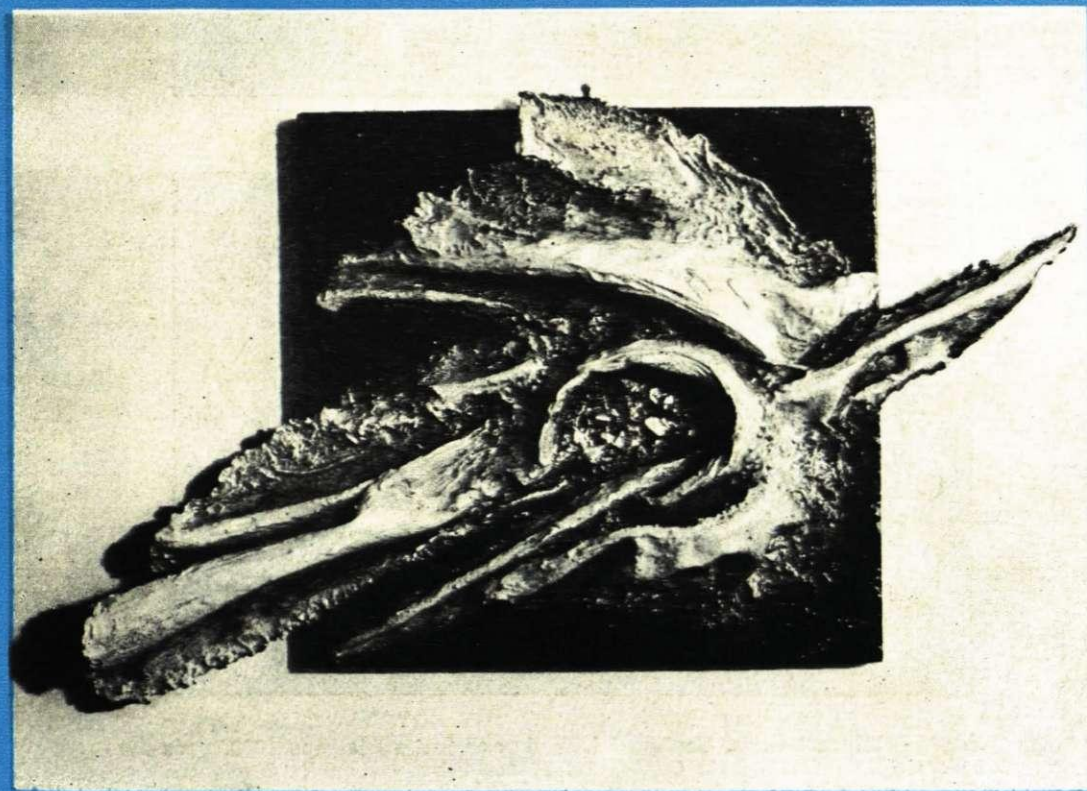
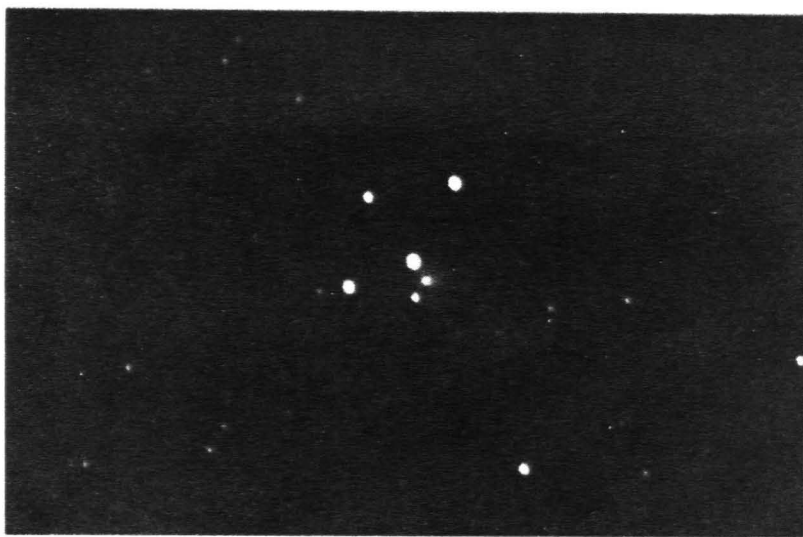


ZVAIGŽNOTĀ DEBESS



Pārnovas uzliesmojums Lielajā Magelāna Mākonī — galvenais 1987. gada notikums astronomijā ● No kurienes nāk komētas? ● «Foboss» un Marss ● Tunguskas fenomens — atrisinājumu meklējot ● Skaitļa π vēsture ● Neparasti Saules rieti ● Zvaigžņotā debess 1988./89. gada ziemā

1988./89.
ZIEMA



Augšā — Lillera komēta. Uzņēmumi I. Pundure ar Šmita teleskopu 1988. gada 5./6. maija naktī. Emulsija ORWO ZU 21 bez filtra, ekspozīcija 5 minūtes.
Apakšā — Levi komēta. Uzņēmumu ieguvis A. Alksnis 1988. gada 17./18. aprīļa naktī. Emulsija ORWO ZU 21 bez filtra, ekspozīcija 5 minūtes. I. Jurgīša fotokopijas.

ZVAIGŽNOTĀ DEBESS

LATVIJAS PSR
ZINĀTŅU AKADEMIJAS
RĀDIOASTROFIZIKAS
OBSERVATORIJAS
POPULĀRZINĀTNISKS
GADALAIKU IZDEVUMS.
IZNAK KOPS 1958. GADA RUDENS
CETRAS REIZES GADĀ.

1988./89. GADA ZIEMA (122)



REDAKCIJAS KOLEĢIJA:

A. Alksnis, A. Andžāns, A. Balklavs (atbild. red.), J. Birzvalks (atbild. red. vietn.), A. Buiķis, N. Cimahoviča, L. Duncāns, J. Francmanis, J. Klētņieks, R. Kūlis, E. Mūkins, I. Pundure (atbild. sekr.), T. Romanovskis, L. Roze

Numuru sastādījis L. Duncāns

Publicēts saskaņā
ar Latvijas PSR
Zinātņu akadēmijas
Redakciju un izdevumu padomes
1988. gada 17. jūnija lēmumu



RIGA «ZINĀTNE» 1988

SATURS

Zinātnes ritums

- E. Grasbergs, J. Miezis. 1987. gada galvenais notikums astronomijā 2
Z. Alksne. No kurienes nāk komētas? 9

Jaunumi

- A. Balklavs. Saules magnētiskā lauka elementu struktūra 15
N. Cimahoviča. Viļņi no terminatora 17
N. Cimahoviča. Saules aktivitāte — pēcooperācijas riska faktors 17
Leonīds Roze. Projekts VERA 18

Kosmosa pētniecība un apgūšana

- E. Mūkins. «Foboss» un Marss 19
J. I. Straume. Kosmosa apgūšanas juridiskie aspekti 24

Nezināmais par zināmo

- G. Ozoliņš. Kā Plūtons tika pie nosaukuma 30

Skolā

- L. Smiķis. Republikas trīspadsmitā atklātā fizikas olimpiāde 31
L. Smiķis. Rīgas jauno fiziķu panākums 34

Hipotēžu lokā

- A. Balklavs. Atrisinājumu meklējot 36

Mūsu pētnieki ziņo

- J. Nāgelis, B. Rjabovs. Saules novērojumi ar RATAN-600 automātiskā režīmā 42

Skaitļotājs astronomijā

- T. Romanovskis, A. Raudis. Jupitera pavadoņi skaitļotājā un teleskopā 45

Atskatoties pagātnē

- B. Rolovs. Decimālzmiju medības 30 gadsimtos jeb skaitļa π vēsture 50
I. Miklāva. Kartes un plāni Rīgas Vēstures un kuģniecības muzejā 56

Amatieru lappuse

- I. Vilks. Neparastie Saules rieti 58
V. Odinokijs, J. Kauliņš. Slīpēšanas mašīna 400 mm optikai 59

Tici vai netici

- B. Biedriņš. Ja kokmateriālus gatavo ziemā 63

Jauni zinātņu kandidāti

- M. Dirīķis. A. Salītis — jauns zinātņu kandidāts 65
I. Eglītis. Zvaigžnotā debess 1988./89. gada ziemā 67



1987. GADA GALVENAIS NOTIKUMS ASTRONOMIJĀ

ERNESTS GRASBERGS,
JĀNIS MIEZIS

Zvaigžņu katastrofas — pārnovu uzliesmojumi ir visai retas parādības, bet tieši šo grandiozo notikumu rezultātā tiek «izkausēti» smagie ķīmiskie elementi, bez kuriem nav iedomājama arī Zemes un cilvēka eksistence. Relatīvi tuvas pārnovas uzliesmojums Lielajā Magelāna Mākonī 1987. gada 23. februārī astronomiem pavēris iespēju detalizēti pētīt šo fenomenu.

Kā jau mūsu izdevumā bija lasāms (sk.: Zvaigžņotā Debess, 1987./88. gada ziema, 21.—25. lpp. un 54. lpp.), 1987. gada 23. februārī Lielajā Magelāna Mākonī (LMM) uzliesmoja pārnova jeb supernova (SN). Šis notikums saīlēja astronomus (arī fizikus) visā pasaulē. Un tas ir saprotams — tik tuvu pārnovu, kas novērojama ar neapbruņotu aci, viņi bija gaidījuši gandrīz 400 gadus.

Senajās ķīniešu hronikās aprakstīta zvaigzne «viešņa», kas uzliesmoja 1054. gada 4. jūlijā Vērša zvaigznājā, tikai 6000 gaismas gadu attālumā no mums. Šī pārnova pēc sevis atstāja Krabja miglāju. Eiropā pirmais pārnovas novērojums saistīts ar slaveno dāņu astronomu Tiho Brahi, kas 1572. gada novembrī Kasiopejas zvaigznājā ieraudzīja «lieku» spožu zvaigzni. Nākamais ar neapbruņotu aci redzamais pārnovas uzliesmojums fiksēts pēc 32 gadiem — 1604. gadā Čūskeņa zvaigznājā, un to aprakstījis Johans Keplers. Kopš tā laika mūsu Galaktikā pārnovas nebija novērotas. Pārnova LMM ieguva apzīmējumu SN 1987A. Burts A aiz gada-skaitļa norāda, ka tā ir pirmā šai gadā atklātā pārnova. Šeit jāpaskaidro, ka astronomi katru gadu

atklāj 10—20 pārnovas.* Pavisam pēc SN 1987A atklāts vairāk nekā 10 pārnovu, bet neviena no tām nepiesaistīja sev tik lielu uzmanību. Pārnovai LMM jau veltīta visai plaša zinātniskā literatūra, sasauktas speciālas konferences, arī starptautiskas. Lieta ir tāda, ka parasti pārnovas atklāj citās, tālās, galaktikās un to redzamais spožums nepārsniedz $14-16^m$, tātad tās ir desmitiem tūkstošu reižu vājākas nekā SN 1987A. Šīs zvaigznes neparastais spožums ļauj pētīt pārnovu uzliesmojumu norisi daudz detalizētāk, nekā tas bija iespējams līdz šim. Taču astronomu uzmanību piesaista ne jau šīs parādības retums. Pēdējā laikā arvien skaidrāk tiek apjausta pārnovu uzliesmojumu ārkārtīgi lielā nozīme starpzvaigžņu vides un zvaigžņu sistēmu evolūcijā. Relatīvi nelielais attālums līdz LMM (~160 000 gaismas gadu) pirmo reizi deva iespēju novērot t. s. pirmspārnovu — zvaigzni pirms pārnovas

* Interesanti, ka nākamā 1987. gada pārnova tika atklāta burtiski pēc dažām stundām — 24. februārī. Tā uzliesmoja galaktikā NGC 5850 (arī pie dienviņu debesīm) kā 15. zvaigžņlieluma spīdekļis.

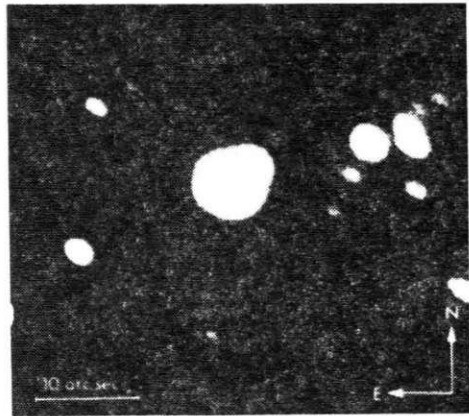
uzliesmojuma (visām iepriekšējām ~ 600 zināmajām pārnovām tas nebija iespējams lielā attālumā dēļ).

Fiziķu īpašā interese par SN 1987A izskaidrojama ar to, ka pirmo reizi izdevies fiksēt teorijas paredzēto neitrīno impulsu. Var droši apgalvot, ka uzliesmojums LMM ļaus ievirzīt pārnovu pētniecību kvalitatīvi jaunā pakāpē. Šis notikums ne vien ļaus atbildēt uz daudziem neskaidriem jautājumiem, bet, jādodomā, arī radīs daudzus jaunus gan par pašām pārnovām, gan par zvaigžņu evolūcijas teoriju vispār.

Pārnovas astronomi iedala I tipa (SN I) un II tipa (SN II) pārnovās. Šādas klasifikācijas pamatā ir pārnovu spektrālās īpatnības — SN I spektros nav ūdeņraža līniju, bet SN II spektros tās ir. Zināmas atšķirības vērojamas arī spožuma līknēs: I tipa pārnovām tās ir diezgan vienvēidīgas, turpretī II tipam — visai daudzveidīgas. Pētot pārnovu uzliesmojumu sadalījumu galaktikās, kā arī telpisko sadalījumu vienas galaktikas ietvaros, noskaidrots, ka SN I uzliesmo dažādu tipu galaktikās, turpretī SN II novērotas tikai spirālgalaktikās. Turklāt II tipa pārnovām ir tendence grupēties spirāļu zaru tuvumā un tajos apgabalos, kur visaktīvāk norisinās zvaigžņu veidošanās process. Tādējādi tās zvaigznes, kuras kļūst par SN II, evolucionē tik strauji, ka nepaspēj aiziet nekur tālu no savas «piedzimšanas» vietas. Kā zināms, zvaigznes evolūcija norisinās jo straujāk, jo lielāka tās masa. Respektīvi, kā II tipa pārnovas savu evolūciju beidz relatīvi masīvas zvaigznes ($M \geq 10 M_{\odot}$).

SN 1987A spektri liecina par šīs pārnovas piederību pie II tipa. Pārnova uzliesmoja Zelta Zivs 30 zvaigžņu asociācijā — milzīgā kompleksā, kura sastāvā ietilpst karstas, masīvas zvaigznes ar lielu absolūto spožumu, kā arī jonizēta ūdeņraža mākoņi. Tātad pati SN 1987A uzliesmojuma vieta raksturīga II tipa pārnovām.

Uzliesmojuma vietā atradās zvaigzne, kas astronomiem pazīstama ar apzīmējumu Sanduleak $-69^{\circ}202$ (1. att.). Patiesībā šis objekts ir trīs tik tuvu novietotas zvaigznes, ka to attēli uz fotoplates saplūst kopā. Tikai ar speciālām apstrādes metodēm izdevies atšķēlēt komponentes atdalīt citu no citas un izmērīt precīzas to koordinātas. Telpiski šīs zvaigznes atrodas desmitiem



1. att. Zvaigznes Sanduleak $-69^{\circ}202$ fotoattēls, iegūts caur sarkano filtru ar Eiropas Dienvidu observatorijas (Cīlē) 3,6 m reflektoru 1979. gada decembrī.

tūkstošu astronomisko vienību attālumā cita no citas, un grūti pateikt, vai tās veido vienotu fizikāli saistītu sistēmu. Izrādījās, ka SN 1987A stāvoklis (ar precizitāti līdz loka sekundes simtajām daļām) sakrīt ar vienu no šīm zvaigznēm, kuras redzamais spožums pirms uzliesmojuma bija $12^m,33$ un spektra klase — B3 la. Tas nozīmē, ka zvaigzne ir ļoti karsts, spožs pārmilzis. Iepriekšējo gadu fotoplašu analīze liecina, ka pēdējā gadsimta laikā, līdz pat uzliesmojuma brīdim, šai zvaigznei nebija novērojamas spožuma izmaiņas pazīmes. To, ka uzsprāgusi tieši šī zvaigzne, apstiprina arī padomju astrofizikālā pavadoņa «Astron» un ASV un Rietumeiropas pavadoņa IUE (*International Ultraviolet Explorer*) speciālie novērojumi. Tika konstatēts, ka izzudis B3 la spektra klases zvaigznēm raksturīgais ultravioletais starojums. Atliek gan neliela varbūtība, ka uzsprāgusi dubultsistēmas vājākā, uz fotoplates neredzamā komponente. Šai gadījumā nomestais zvaigznes apvalks izplešoties drīz ieskauj sevī dubultsistēmu un karstais pārmilzis kļūst neredzams. Tomēr vistīcamāk, ka astronomi pirmo reizi reāli ir novērojuši zvaigzni pirmsuzliesmojuma fāzē — sava veida «pirmspārnovu».

Kas tagad zināms par lielumiem, kuri raksturo šo «pirmspārnovu»? Tos var noteikt tikai zināmās robežās atkarībā no precizitātes, ar kādu

liek mērīts attālums līdz LMM, turklāt jāņem vērā gaismas absorbcija gan pašā LMM, gan mūsu Galaktikā. Šīs zvaigznes absolūtais spožums tiek vērtēts 70—200 tūkstošu reizu lielāks nekā Saulei, efektīvā temperatūra $T \sim (16-18) \times 10^3$ K, rādiuss $R \sim 30-50 R_{\odot}$, masa $M \sim 15-40 M_{\odot}$. Masas aprēķināšanā zināma kļūda rodas zvaigžņu un zvaigžņu atmosfēru teorētisko modeļu nenoteiktības dēļ.

Šeit rodas jautājums, kas attiecas uz zvaigžņu evolūciju. Ja «pirmspārnovas» masa patiesi izrādījās tāda, kādu paredzēja, tad kāpēc izmēri bija daudz mazāki? Atbilstoši zvaigžņu evolūcijas teorijai, kā arī pārnovu fizikālo procesu modelējumiem ar ESM, II tipa pārnovām jārodas, uzliesmojot aukstiem sarkanajiem milžiem un pārmilžiem, kuriem rādiuss ir vismaz simtiem reizu lielāks nekā Saulei. Turpretī novērojamā zvaigzne bija karsta, relatīvi neliela. Varbūt zvaigznes, kurām ir ļoti mazs smago ķīmisko elementu saturs, evolucionē citādi un neklūst par milžiem. Izrādās, ka tieši LMM zvaigznēm smago elementu saturs ir vairākkārt mazāks nekā mūsu Galaktikas zvaigznēm. Bet, no otras puses, LMM novērojams ļoti daudz sarkano milžu. Iespējams, ka dažādu procesu ietekmē zvaigzne pēc aukstā milža stadijas var no jauna kļūt par kompakto un karstu zvaigzni. Kā varbūtējus iemeslus var minēt vielas sajaukšanos zvaigznes iekšienē, masas zudumu zvaigznes vēja rezultātā u. c. Viens ir skaidrs: jāveic papildu pētījumi par dažādo faktoru ietekmi uz masīvo zvaigžņu evolūciju.

Laimīgas sakritības dēļ ir izdevies detalizēti izsekot uzliesmojuma sākumam. Jādodomā, ka pēdējo LMM fotouzņēmumu, kurā zvaigzne Sanduleak —69°202 vēl saglabā savu spožumu, trīsdesmitgadīgais Toronto universitātes līdzstrādnieks J. Šeltons ieguvis 23.08 UT februārī (t. i., 23. februārī pēc Griničas laika — dienakts daļās) ar Laskampanjas (Čīle) observatorijas 25 cm astrogrāfu, ar kuru viņš tikai dienu iepriekš bija sācis strādāt. Viņa novērojumu mērķis bija novu un mainīgzvaigžņu patrolēšana LMM. Nākamajā naktī teleskopa kupola darbināšanas mehānisms izrādījās bojāts un novērotājam bija jāizvēlas: vai nu atvērt kupolu ar roku, vai iet gulēt. J. Šeltons darīja pirmo un 24.02 UT februārī uzsāka triju stundu garo LMM ekspozīciju.

Un atkal bija jāizvēlas: vai plati attīstīt uzreiz, vai izdarīt to dienā. Astronoms vēlreiz deva priekšroku pirmajam variantam un, pabeidzis plātes attīstīšanu 24.23 UT (t. i., pl. 5^h30^m pēc Griničas), ieraudzīja spožas zvaigznes attēlu LMM (moments D 2. att.). Saubu māks, Šeltons steigdzās uz blakusteleskopa paviljonu, lai konsultētos ar kolēģiem — vai tik spožas novas LMM vispār mēdz būt. Noskaidrojās, ka pat visspožākajām novām jābūt vairākas zvaigžņlieluma klases vājākām. Līdz ar to kļuva skaidrs, ka atklātā pārnova, turklāt visspožākā pārnova visā teleskopu laikmeta astronomijas vēsturē. Tūlīt kļuva zināms vēl kāds kuriozs fakts. Pirms stundas šīs pašas observatorijas darbinieks O. Duhalds bija ieraudzījis pārnovu ar neapbruņotu aci, bet... nebija reaģējis. Var iedomāties viņa sarūgtinājumu.

Astronomi nekavējoties mēģināja sazināties ar Starptautiskās astronomijas savienības (SAS) Astronomijas telegrammu biroju Kembridžā (ASV, Masačūsetsas štats). Taču nedarbojās telefons, un telegrammu izdevās nosūtīt tikai no rīta. Šis ziņojums tikai par pusstundu apsteidza nākamo ziņojumu — no Jaunzēlandes, kur pl. 9^h A. Džonss neatkarīgi no Šeltona bija atklājis pārnovu. No kādām nejausībām un «sīkumiem» bieži vien ir atkarīga prioritāte! Jau pl. 9^h40^m (moments T 2. att.) vadošās pasaules observatorijas bija saņēmušas ziņu par atklājumu. Tāpēc, tikko Āfrikā iestājās nakts, pārnovu sāka novērot Dienvidāfrikas Astronomijas observatorijā. Pulksten 21^h40^m (moments Sp 2. att.) ar šīs observatorijas 1,9 m teleskopu ieguva pirmo pārnovas spektru (to sākumā kļūdaini interpretēja kā I tipa pārnovas spektru).

Šis piemērs vēlreiz apliecina operatīvas informācijas lielo nozīmi astronomijā. Ņemot vērā notikuma ārkārtējo raksturu, Astronomijas telegrammu birojs pirmo deviņu dienu laikā izdeva vairāk nekā 15 SAS cirkulāru — sava veida absolūtais rekords astronomijas vēsturē.

Vēlāk noskaidrojās, ka SN 1987A bija fiksēta (bet palikusi neievērota) fotoplatēs jau pirms J. Šeltona atklājuma. Austrālijā un Jaunzēlandē iegūtajās fotoplatēs pārnova bija 6. zvaigžņlieluma spīdekļis. Bet vēl nedaudz iepriekš pēc vizuāliem novērojumiem tās spožums bija novērtēts vājāks nekā 7,5^m. Tādējādi gandrīz pa

stundām varēja izsekot straujajam pārnovas spožuma pieaugumam.

Par ļoti svarīgu notikumu astrofizikā un elementārdaļiņu fizikā kļuva novērotais zvaigznes kolapsējošā kodola neitrīno starojums. Neilgi pirms tam, kad dienviņu debesīs iekvēlojās pārnova, četri apakšzemes neitrīno detektorī dažādās pasaules vietās fiksēja īsus neitrīno impulsus. 23. februārī pl. $02^h 52^m 36^s,8$ neitrīno uzliesmojumu reģistrēja ierīce, kas atrodas tunelī zem Monblāna (moments v_1 2. att.). Šo iekārtu kopīgi uzkonstruējuši PSRS ZA Kodolpētniecības institūts un Itālijas Nacionālās zinātnisko pētījumu padomes Kosmoģeofizikas institūts. Neitrīno starojums ilga 7 s, un šajā laikā tika reģistrēti pieci impulsi, t. i., piecas elektronu antineitrīno mijiedarbības ar detektējošās vielas protoniem. Pēc vairākām stundām — pl. $07^h 35^m 40^s$ — tika fiksēts otrs neitrīno starojuma uzliesmojums (moments v_2 2. att.) vēl ar trijām detektorierīcēm:

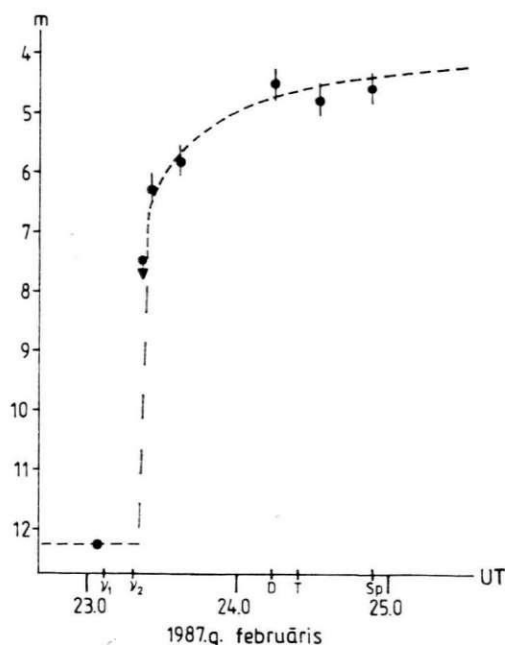
1) Japānā ierīce «Kamiokande-II» fiksēja 12 impulsus 13 sekundēs;

2) ASV ierīce IMB (Irvine-Michigan-Brookhaven) — 8 impulsus 6 sekundēs;

3) padomju neitrīno teleskops, kas atrodas Kaukāzā Baksanas aizā zem Andirči kalna, reģistrēja 6 impulsus 15 sekundēs. Varbūtība, ka tā bijusi nejauša, fona starojuma radīta uzliesmojumu imitācija, ir gaužām maza.

Jāpievērš uzmanība faktoram, ka pirmo neitrīno uzliesmojumu fiksējusi tikai viena iekārta, kura, savukārt, nemaz nereaģēja uz otro impulsu.

Atbilstoši pastāvošajiem priekšstatiem, masīvo zvaigžņu evolūcijas beigstadijā tām izveidojas «dzelzs kodols» (sastāv no dzelzs grupas elementiem). Pienāk brīdis, kad šis masīvais kodols zaudē stabilitāti un kolapsē. Rezultātā rodas neitronu zvaigzne vai, ja kodola masa pārsniedz zināmu robežu, melnais caurums. Gravitācijas kolapsā izdalās milzīga enerģija ($E \sim 10^{53}$ ergu jeb 10^{46} J). Jau 1965. gadā akadēmiķis J. Zel'dovičs kopā ar savu aspirantu (tagad fiz. un mat. zin. doktoru) O. Huseinovu izteica pieņēmumu, ka tā tiek izstarota dažāda paveida neitrīno un antineitrīno plūsmas veidā. Lai nodrošinātu II tipa pārnovas uzliesmojumu, pietiek ar enerģijas daudzumu $E \sim 10^{51}$ ergi (10^{44} J). Respektīvi, ja



2. att. SN 1987A spožuma pieaugums sākumstadijā.

kaut vai tikai $\sim 1\%$ neitrīno enerģijas tiks pārņests uz zvaigznes ārējo slāņu vielu, tad SN II enerģētikas problēma būs atrisināta. Tomēr kolapsa mehānisms izrādījās «ciets rieksts», un jautājums par to, kādā veidā zvaigznes apvalks saņem kolapsa enerģiju, paliek atklāts.

Sarežģītos ar neitrīno starojumu saistītā kolapsa aprēķinus pirmo reizi mūsu valstī veica D. Nadeždins 1977. gadā. Vēlāk šādi aprēķini, kuros tika ņemti vērā arī dažādi papildfaktori, izdarīti citās valstīs (V. Arnets, I. Vilsons, S. Vūslis, T. Uivers, V. Hilbrants u. c.). Izrādījās, ka kodola kolaps norisinās sekundes daļās, turpretī neitrīno starojuma process ilgst apmēram 20 sekundes. Izdevās iegūt tā saukto neitrīno spožuma līkni, respektīvi, noskaidrot, kā laikā mainās neitrīno plūsma un izstaroto neitrīno vidējā enerģija.

Šādu aprēķinu rezultātus izmanto, interpretējot reģistrētos neitrīno impulsus apakšzemes «neitrīno teleskopos». Un šeit teorētiski, kā arī fiziķi eksperimentatori saskārās ar grūtībām — bija jārod atbilde uz vairākiem jautājumiem.

Izrādās, ja aplūko katras iekārtas iegūtos rezultātus atsevišķi, tie nav pretrunā ar teoriju par neitrīno starojumu kolapsa laikā. Turpretī savā starpā un vienlaikus ar teoriju rezultāti īsti nesaskan.

Rodas pirmais jautājums: vai patiesībā ir bijuši divi neitrīno uzliesmojumi? Teorija principā pieļauj šāda diapazāņu kolapsa iespēju. Sākumā izveidojas neitronu zvaigzne, kuras masa lielāka par robežmasu. No turpmākā kolapsa un melnā cauruma izveidošanās to attur ātrā rotācija un ļoti augstā temperatūra. Kad zvaigzne atdziest un tās rotācijas ātrums samazinās, var notikt sekundārais kolaps. Tikai nav skaidrības par laiksprādi, kurš atdala abas kolapsa stadijas. Vai tas var ilgt vairākas stundas? Un kādu enerģiju aiznes sev līdzī neitrīno pirmajā un otrajā uzliesmojumā?

Otrais jautājums: kāpēc pirmo uzliesmojumu reģistrējusi tikai viena iekārta — zem Monblāna —, lai gan pārējo iekārtu detektējošās vielas masa ir lielāka? Izskaidrojumu šai pretrunai zinātnieki cenšas rast, analizējot neitrīno enerģētiskos spektrus, t. i., neitrīno sadalījumu atbilstoši enerģijai. Lieta tāda, ka PSRS un Itālijas iekārtai ir nedaudz zemāks jutības enerģētiskais sliekšnis. Tāpēc, ja starojuma sastāvā bijuši «mikstie» neitrīno ar mazu enerģiju, pretrunas it kā nebūtu. Bet šajā gadījumā rodas jaunas nopietnas grūtības, aprēķinot neitrīno starojuma pilno enerģiju.

Jautājumu daudz, un uz visiem tiem grūti uzreiz rast atbildi. Situāciju sarežģīt vēl arī tas, ka rezultāti iegūti pie apakšzemes detektoru jutības sliekšņa. Iekārtas bija aprēķinātas neitrīno signālu uztveršanai ne tālāk kā no mūsu Galaktikas centra. Bet tas ir apmēram piecas reizes mazāk nekā attālums līdz LMM, un neitrīno plūsmai tad jābūt 25 reizes lielākai.

Elementārdaļiņu fizikai paveras vilinoša perspektīva. Būtu interesanti izmantot šo kosmisko eksperimentu neitrīno masas noteikšanai. Mūsdienu teorija pieļauj neitrīno divu veidu masas eksistenci: nulles masu vai nelielu no nulles atšķirīgu masu. Atkarībā no šī lieluma var būt dažādi ļoti svarīgi kosmoloģiski secinājumi. Tā, piemēram, no nulles atšķirīgā neitrīno masa var (vismaz daļēji) atrisināt Visuma «apslēptās masas» problēmu. Jau 1965. gadā akadēmiķis

G. Zacepins lika priekšā neitrīno masas noteikšanas metodi, kuras pamatā ir uztvertā neitrīno impulsa ilguma palielināšanās salīdzinājumā ar izstarotā impulsa ilgumu. Ja masa vienāda ar nulli, tad visi neitrīno pārvietojas ar gaismas ātrumu. Ja turpretī masa atšķirīga no nulles, tad neitrīno ātrums ir mazāks par gaismas ātrumu un ir atkarīgs no neitrīno enerģijas. Lielākas enerģijas neitrīno pārvietosies ātrāk un attālumu no savas «dzimšanas» vietas līdz «bojāejas» momentam neitrīno teleskopā veiks īsākā laiksprādi. Neitrīno masu novērtēt pēc reģistrētā neitrīno impulsa ilguma ir sarežģīti arī tāpēc, ka pastāv vēl daudz neskaidrību par zvaigžņu kolapsu. Tomēr dažādu autoru izdarītie aprēķini ļauj secināt, ka neitrīno masai jābūt visai mazai — ap 6,5—9,5 eV.* Tas ir būtiski mazāk, nekā konstatēts eksperimentā ar tritija sabrukšanu (eksperiments veikts V. Ļubimova vadībā Teorētiskās un eksperimentālās fizikas institūtā). Tik maza neitrīno masa neatrisina Visuma «apslēptās masas» problēmu. Bet jāņem vērā, ka šeit ir runa tikai par viena veida neitrīno — elektronu neitrīno. Pēc pastāvošajiem priekšstatiem, dabā eksistē triju veidu neitrīno (katram savs antineitrīno): elektronu neitrīno, μ neitrīno un τ neitrīno.

3. attēlā dota SN 1987A spožuma līkne pirmajām 240 dienām pēc uzliesmojuma salīdzinājumā ar dažu «tipisku» II tipa pārnovu spožuma līknēm.**

Skaidri redzams, ka pirmajās 90—100 dienās SN 1987A spožuma līkne stipri atšķiras no tipiskajām pārnovu līknēm. Vispirms uzmanību saista tas, ka mūsu zvaigzne ir 2,5—4,5 zvaigžņlielumu klases vājāka par pārējām. Tūlīt pēc strauja spožuma pieauguma, kas notika 23. februārī, seko visai ilgstošs (~90 d), monotoni lēns spožuma pieaugums vēl par 1,5 zvaigžņlieluma klasēm. Beidzot, starp 20. un 25. maiju, spožums

* Elementārdaļiņu fizikā masu pieņemts izteikt enerģētiskajās vienībās — elektronvoltos (eV), pamatojoties uz Einšteina vienādojumu $E=mc^2$. Šajās vienībās elektrona masa $m_e \approx 5,1 \cdot 10^6$ eV.

** Zīmējumā izmantota absolūtā zvaigžņlieluma (M) skala. Par absolūto zvaigžņlielumu astronomijā pieņem tādu zvaigžņlielumu, kāds būtu zvaigžnei, ja tā atrastos 10 parseku attālumā. Zvaigžnei, kurai $M = -15^m$, izstaro $\sim 10^8$ reizu spēcīgāk nekā Saule.

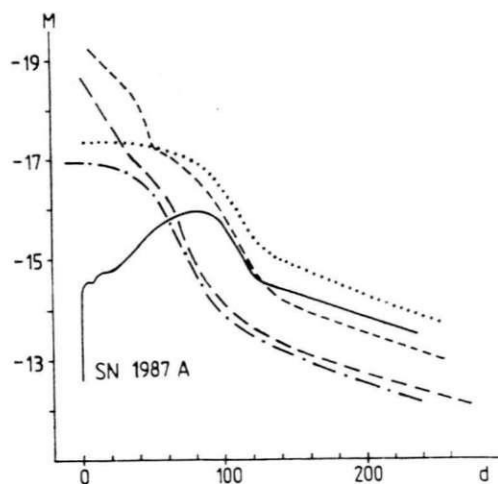
sasniedz maksimumu un tad sāk samazināties, no sākuma diezgan strauji, pēc tam lēnāk. Spožuma līknes fāze aiz maksimuma kā pēc formas, tā arī pēc spožuma jau atbilst «tipisko» pārnovu līknēm.

Lai noskaidrotu, kas īsti notiek pārnovas uzliesmojuma brīdī, astrofizikas teorētiķi pēdējo 20 gadu laikā veikuši šīs parādības matemātisko modelēšanu ar ESM. Pie tam tiek pētīts, kā novērojamo ainu ietekmē zvaigznes uzbūve pirms sprādziena, tās ķīmiskais sastāvs, izdalītās enerģijas daudzums u. c. faktori. Aprēķini ir sarežģīti un saistīti ar lielu ESM «mašīnlaika» patēriņu, tomēr pagaidām tā ir vienīgā iespēja.

Par šo pētījumu pionieriem jāuzskata padomju zinātnieki D. Nadežins, V. Imšeniķis un D. Franks-Kameņeckis, kuri šai virzienā sāka strādāt jau sešdesmito gadu sākumā. Turpmākajos gados veikti daudzi aprēķini kā pie mums, tā arī citās valstīs (galvenokārt ASV). No ārzemju autoriem te var minēt R. Ševaljē, V. Ārnetu un T. Uiveru.

Līdz SN 1987A uzliesmojuma brīdim bija jau uzkrāti diezgan solidi teorētiskie pētījumi, un ievērojamo notikumu astrofizikā sagaidīja visai labi sagatavoti. Jau pirmajos V. Imšeniķa un D. Nadežina veiktajos aprēķinos tika modelēts «kompaktās» pirmspārnovas sprādziens. Šā tipa zvaigznes ir neliela izmēra, bet, kā vēlāk izrādījās, pēc daudziem parametriem ļoti līdzīgas reālajai pirmspārnovai Sanduleak — 69°202. Kompakto modeļu izvēlei agrīnajos aprēķinos lielā mērā bija gadījuma raksturs, jo tajā laikā priekšstati par pirmspārnovu uzbūvi bija visai nenoteikti. Šo pētījumu rezultāti parādīja, ka teorētiskās spožuma līknes atšķiras no reālajām vispirms ar to, ka tajās spožums ir par 3—4 zvaigžņlieluma klasēm mazāks. Arī formas ziņā šīs līknes ir atšķirīgas — pēc strauja spožuma pieauguma seko t. s. plato fāze, kad spožums izmainās vāji (1—1,5 zvaigžņlieluma robežās). Atkarībā no eksplodējušās zvaigznes uzbūves spožums šajā fāzē vai nu paliek aptuveni nemainīgs, vai nedaudz samazinās, vai arī pieaug nelielās robežās.

Teorijas un novērojumu nesakrītība lika meklēt citus ceļus, līdz beidzot noskaidrojās, ka labu saskaņu ar novērojamām SN II spožuma līknēm dod pieņēmums, ka uzliesmo ļoti liela iz-



3. att. SN 1987A spožuma līkne (pirmās 250 dienas) salīdzinājumā ar II tipa SN spožuma līknēm.

mēra zvaigznes, tādās kā sarkanie milži un pārmilži. Tas labi saskaņojas arī ar masīvo zvaigžņu evolūcijas teoriju. Un te pēkšņi pārnovas uzliesmojums LMM faktiski pilnīgi apstiprina «kompakto» zvaigžņu sprādziena aprēķinus spožuma līknes sākumfāzē! Jo vairāk — izrādās, ka reāli novērojamā pirmspārnova ir tieši tāda «kompakta» zvaigzne! Var teikt, ka šoreiz (diemžēl tā reti gadās) teorija apsteigusi novērojumus!

Tātad mums ir darīšana ar «nestandarta» II tipa pārnovu, kuras raksturu diezgan labi noteikusi teorija. Rodas jautājums — kāpēc agrāk nav novēroti līdzīgi uzliesmojumi? Vispirms, nevar kategoriski apgalvot, ka tādi vispār nav novēroti. Tālo galaktiku pārnovu spožuma līknes pazīstamas diezgan fragmentāri (reto novērojumu dēļ), un to patiesu formu ir grūti noteikt. Otrkārt, nav zināms, kāds ir šo «nestandarta» uzliesmojumu procents visu II tipa pārnovu vidū. Var izrādīties, ka tādi patiešām ļoti reti notiek. Bet visticamāk, ka tik vājus objektus kā šie «blāvie» uzliesmojumi uz tālo galaktiku fotoplatēm gluži vienkārši neievēro. Tātad pastāv sava veida «selektīvais efekts», kas atlasa «normālās» SN II. Visādā ziņā jautājums prasa turpmāku izpēti.

Interesanti piebilst, ka līdzīgs uzliesmojums,

domājams, noticis mūsu pašu Galaktikā. Spēcīgākais (pēc Saules) radioavots pie debesīm — Kasiopeja A atbilst miglājam, kas ir pārnovas pārpalikums. Pēc astronomu aprēķiniem, šis uzliesmojums noticis ap 1670. gadu. Taču, lai gan tolaik Eiropā jau veica diezgan intensīvus un regulārus astronomiskos novērojumus, šis uzliesmojums nav pamanīts. Varbūt cēlonis bijis nelabvēlīgi novērošanas apstākļi. Tomēr jau septiņdesmito gadu sākumā tika izvirzīta arī hipotēze, ka šīs pārnovas uzliesmojums bijis par vairākām zvaigžņlieluma klasēm vājāks nekā parastais, — bet tas var būt tad, ja pirmspārnova ir «kompakta» zvaigzne, nevis sarkanais milzis.

Zvaigznes centrā atbrīvojušies milzīgā enerģija rada spēcīgu triecienvilni, kas ar ātrumu vairāki tūkstoši kilometru sekundē izsviež zvaigznes ārējo slāņu vielu apvalka veidā. Ja pirmspārnova ir «kompakta», triecienvilnis, tuvojoties zvaigznes virspusei, iegūst papildu paātrinājumu lielā blīvuma gradienta dēļ. Spektrālie novērojumi SN 1987A uzliesmojuma sākumstadijā uzrādīja ātrumu līdz 30 000 km/s (rekordlielums II tipa pārnovām). Pie tam triecienvilnis ne tikai paātrina zvaigznes vielu, bet arī sakarsē to līdz ļoti augstai temperatūrai. Ar to izskaidrojams primārais straujais zvaigznes spožuma pieaugums.

Nomestais zvaigznes apvalks sāk strauji izplesties, un temperatūra tajā pazeminās. Atdzišana izskaidrojama galvenokārt nevis ar izplešanos, bet gan ar enerģijas izstarošanu. Ar

apvalkā uzkrātās siltuma enerģijas izstarošanu izskaidrojama spožuma liknes samērā lēzenā plato fāze aiz krasā pieauguma. Tomēr speciāli veiktie SN 1987A modelēšanas aprēķini parādīja, ka jābūt kādam ilgstošam papildu enerģijas avotam, jo citādi grūti izskaidrojama plato fāze līdz maksimumam. Šā avota jauda var būt neliela, un kopējā izstarotā enerģija atbilst tikai niecīgai daļai no visas sprādziena enerģijas.

Kāda ir šī ilgstošā enerģijas avota daba? Tā varētu būt radioaktīvo izotopu sabrukšana (izotopi rodas sprādziena rezultātā un tiek izsviesti kopā ar apvalku). Tikpat labi tā varētu būt kolapsējušā centrālā objekta — neitronu zvaigznes vai melnā cauruma — «aktivitāte». Šo dažādo mehānismu noskaidrošanai ir nepieciešami vēltīno evolūcijas stadiju papildpētījumi.

Aiz maksimuma sekojošo fāzi pilnībā nosaka tikai ilgstošais enerģijas avots, jo apvalkā iekausētā siltuma enerģija uz šo laiku momentu jau ir izstarota.

Zvaigžņlieluma lineārās izmaiņas fāzi īpaši pētījis R. Kačpols ar kolēģiem Dienvidāfrikas Astronomijas observatorijā. Viņi uzskata, ka šo fāzi ļoti labi izskaidro $^{56}\text{Ni} \rightarrow ^{56}\text{Co} \rightarrow ^{56}\text{Fe}$ radioaktīvais sabrukums. Pie tam nepieciešams, lai apvalkā tiktu izsviests tikai $\sim 0,1 M_{\odot}$ radioaktīvā niķeļa. Tas labi saskan ar teoriju, jo ^{56}Ni ir visvarbūtiskākais izotops, kurš rodas kodolreakcijas sprādziena laikā.

Unikālais objekts Lielajā Magelāna Mākonī vēl gadiem ilgi piesaistīs astronomu uzmanību.

JAUNUMI ĪSUMĀ ★★ JAUNUMI ĪSUMĀ ★★ JAUNUMI ĪSUMĀ

★★ Novērojot Lielo Magelāna Mākonī ar Saules pētišanai domāto pavadoni SMM (palaists 1980. gadā, izremontēts orbitā 1984. gadā), amerikāņu zinātnieki pirmo reizi reģistrējuši 1987. gada februārī uzliesmojušās supernovas gamma starojumu. Datos, kas tika iegūti 1987. gadā no 1. augusta līdz 31. oktobrim ar pavadona gamma spektrometru, apstrādes gaitā konstatēts supernovas atlieku starojums 0,85 MeV un 1,24 MeV spektra līnijās, kuras rada kobalta radioaktīvā izotopa ^{56}Co sabrukšana.

★★ Turpinādami apstrādāt ar pavadoni «Ginga» savāktos datus, japāņu zinātnieki konstatējuši, ka 1987. gada februārī uzliesmojušās supernovas rentgenstarojums sācis pienākt nevis tikai augusta vidū, kā teikts viņu agrīnajā ziņojumā (vispār pirmajā par šā objekta rentgenstarojuma uztveršanu), bet gan jau jūlija pirmajās dienās. Līdz augusta beigām starojuma intensitāte vienmērīgi augusi, tad nostabilizējusies aptuveni pastāvīgā līmenī, bet 1988. gada pašā sākumā spēji pieaugusi (6—16 keV diapazonā — gandrīz četras reizes divu nedēļu laikā).

No kurienes nāk komētas?

ZENTA
ALKSNE

Līdztekus jaunām iespējām komētu fizikālās dabas izpētē izvērsās arī savstarpēji saistītie komētu tapšanas un to telpiskā sadalījuma pētījumi. Domājams, ka Saules sistēmas veidošanās procesā radušās komētas tagad izvietojas visai refinātā ārējā jeb Orta mākonī sistēmas ļoti tālās momalēs un blīvā iekšējā mākonī tepat aiz lielajām planētām. Rakstā izklāstītas dažas hipotēzes, kas, iespējams, apstiprina mākoņa eksistenci. Aplūkots, kādu spēku ietekmē iekšējais komētu mākonis papildina ārējo, kādā veidā komētas nonāk Zemes apkārtnē.

Komētu ķermeņus var salīdzināt ar milzīgām ledus vai sniega pikām, kurās ir dažādu gāzu un cietu daļiņu piemaisījums. Haleja komētas pētījumi precizējuši priekšstatus par komētu fizikālo dabu (sk. Mūkins E. Komētas pēc iepazīšanās tuvplānā. — Zvaigžņotā Debess, 1987./88. gada ziema, 5.—13. lpp.).

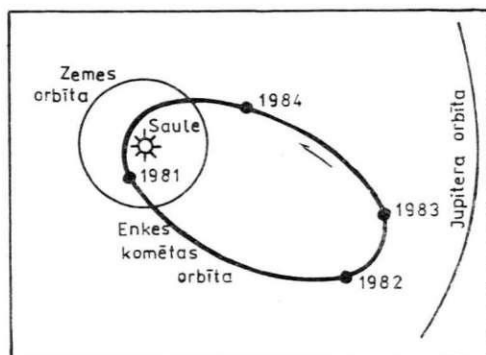
Tiešā Saules tuvumā komētas pavada tikai Tsu daļu mūža. Iznīrušas no telpas dzīlēm, tās parādās pie debess kā pavisam vāji, tikai teleskopā saskatāmi objekti, pamazām pieņemas spožumā, dažkārt izvērs garu, mirdzošu asti un tā kļūst par mūsu apbrīnas objektu, līdz beidzot, spožumam pakāpeniski pavājinoties, tās atkal pamet Saules apkārtni. No kurienes komētas nāk? Kur ir to mājvieta? Šos jautājumus izdevies daudz maz noskaidrot, nosakot komētu ceļus jeb orbītas un analizējot uzkrātos datus.

Lai aprēķinātu jaunas komētas orbītu, vispirms precīzi nosaka komētas atrašanās vietu pie debess vairākos laika momentos un, balstoties uz novēroto orbītas daļu, izskaitļo orbītas elementus. Pēc tam aprēķinu ceļā komētu it kā bīda atpakaļ pa orbītu, rūpīgi ņemot vērā planētu pievilksanas spēku ietekmi uz tās kustību. Tā iegūst komētu sākotnējās orbītas, parasti — izstieptas elipses. Slēgtas orbītas gan liecina par komētu piederību Saules sistēmai, bet atstāj atklātu jautājumu par to mājvietu šai sistēmā.

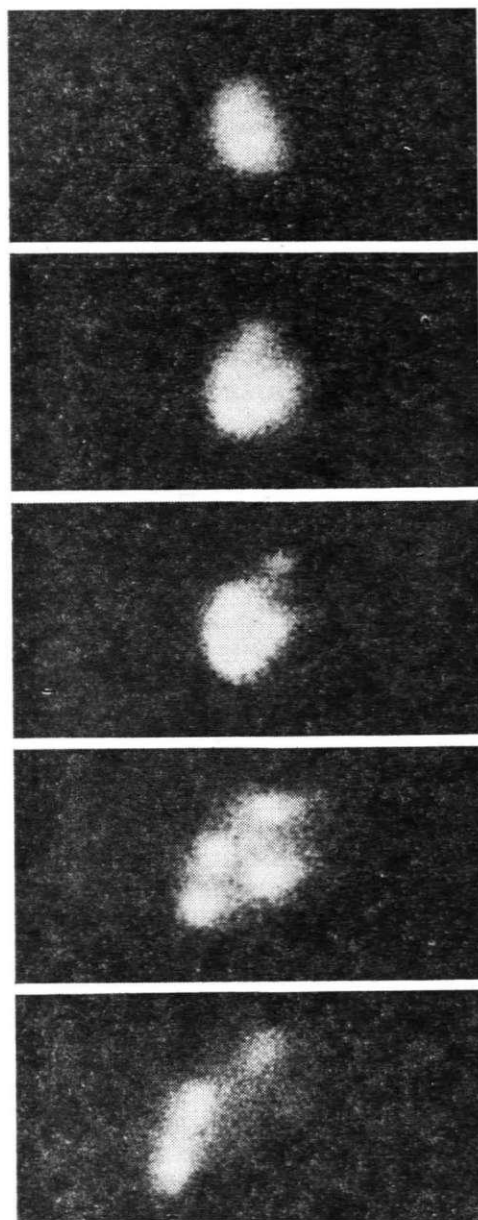
Atkarībā no komētu orbītu lielās pusass garuma vai Saules apriņķošanas perioda ilguma izšķir īsperioda un ilgperioda komētas. Īsperioda komētas ik pēc vairākiem gadiem vai gadu desmitiem (<200 g.) atgriežas Saules tuvumā (1. att.), kur Saules starojuma ietekmē pa-

mazām zaudē vielu vai pavisam izirst (2. att.), ar laiku kļūstot neredzamas. Ilgperioda komētu apriņķošanas laiks pārsniedz 200 gadus un var sniegties tūkstošos gadu. Daļai komētu ir tik stipri izstieptas orbītas, ka apriņķošanas periods nav nosakāms, dažkārt tas varbūt sasniedz miljonus gadu. Šādas orbītas dēvē par gandrīz paraboliskām.

Tieši ilgperioda komētu pētījumi palīdzēja noskaidrot no Zemes novēroto komētu izcelsmi. Slavenais holandiešu astronoms J. Orta (3. att.), kuram ir ievērojami nopelni Galaktikas uzbūves un rotācijas izpētē, 1950. gadā pievērsa uzmanību tam, ka visām 19 tolaik zināmajām ilgperioda komētu orbītām lielā pusass pārsniedz 20 000 a. v. (a. v. — astronomiskā



1. att. No visām pašlaik zināmajām īsperioda komētām Enkes komētai ir visīsākais Saules apriņķošanas periods — 3,3 gadi. No Saules vistālākajā punktā (afēlijā) Enkes komēta nesasniedz pat Jupitera orbītu.



2. att. Vesta komēta (1986 VI) 1986. gada martā pamazām sadalījās vairākās daļās. Attēls no Kembridžas astronomijas atlanta.

vienība, vienlīdzīga Zemes vidējam attālumam no Saules; vistālākā planēta Plutons atrodas 40 a. v. attālumā). Balstoties uz šo faktu, J. Orta izteica spožu ideju: planētu sistēmu aptver tāls komētu mākonis, kas sniedzas no 20 000 a. v. līdz 200 000 a. v. vai vēl tālāk, un tajā ietilpst ap 100 miljardu komētu; mākonis ir no Zemes novēroto komētu avots. Turpmākie statistiskie pētījumi, izmantojot datus par lielāka skaita ilgperioda komētu orbītām, J. Orta ideju apstiprināja, un tālais komētu mākonis tika nosaukts par Orta mākonī.

Kāpēc komētas pamet Orta mākonī? Pats J. Orta domāja, ka tas notiek Saules sistēmai pietiekami tuvu garāmejošu zvaigžņu ietekmē, kad to pievilkšanas spēki izmaina komētu kustības ātrumus un virzienus jeb, kā saka, perturbē komētu orbītas. Šo uzskatu arī tagad pilnībā atzīst, bet papildina ar jaunām atziņām. Pēdējos gadu desmitos Galaktikā atklāti daudzi grandiozi starpzvaigžņu molekulu mākoņu kompleksi, kas, nonākot Saules tuvumā, jādodomā, arī perturbē Orta mākoņa komētu orbītas.

Tāpat garāmejošu objektu ietekmē daļa Orta mākoņa komētu atstāj Saules sistēmas nomali un vai nu pazūd starpzvaigžņu telpā (Saules sistēmas pastāvēšanas laikā tās gan neattālinās vairāk par 1000 gaismas gadiem), vai arī nokļūst sistēmas iekšienē, kur uz tām sāk iedarboties planētu pievilkšanas spēki. Dažos gadījumos šie spēki var iedarboties tā, ka ar katru apriņķojumu orbītas lielās pusass garums sarūk, līdz izveidojas tipiska īsperioda komēta. Citos gadījumos perturbējošie spēki novirza komētas uz hiperboliskām orbītām un izmet tās atkal ārā no Saules sistēmas centrālās daļas. LVU profesors K. Šteins detalizēti izpētījis visu šo procesu un formulējis f. s. komētu difūzijas likumus. Dažas konkrētas Orta mākoņa īpašības savās disertācijās analizējuši K. Šteina aspiranti G. Janovička (Saules sistēmas robežu precizēšana) un A. Salītis (komētu orbītu lielās pusass apgrieztās vērtības $1/a$ sadalījuma izskaidrojums).

Minēto procesu rezultātā Orta mākonī vajadzētu palikt arvien mazākam skaitam komētu. Pēc vairāku Saules sistēmai nepiederošu objektu garāmiešanas varētu būt aizmērta lielākā daļa mākoņa. Tie paši garāmejošie objekti var mākoņa komētas ietekmēt arī fizikāli. Piemēram,

starjaudīga zvaigzne var daļēji vai pilnīgi iztvaicēt komētu ķermeņus, jo komētu ledi ir tik gaistoši, ka, tikai nedaudz sasildīti, sāk iztvaikot. Šķiet, ka Saules sistēmas pastāvēšanas laikā Orta mākonim vajadzētu būt izsmeltam, un tomēr no Zemes redzamas arvien jaunas komētas, tātad mākonis turpina pastāvēt. Varbūt tas atjaunojas?

Atbildi meklējot, jau J. Orts izvirzīja hipotēzi par otra, daudz tuvāka, sevišķi blīva un masīva komētu mākoņa klātbūtni. Šis mākonis būtu tā krātuve, no kuras veidojas un papildinās ārējais jeb Orta mākonis.

Lai pamatotu abu komētu mākoņu rašanos un pastāvēšanu, jāatgriežas tālā pagātnē, kad Saules sistēma vēl tikko tapa. Protoplanētu diska ārējā malā starp lielo planētu aizmetņiem un aiz tiem varēja veidoties ļoti, ļoti daudz komētveida ķermeņu, jo tieši tur viela bija tik reti nāta un auksta, lai varētu rasties tipiska sastāva ledi. Turpmāko notikumu gaitu noskaidrot palīdzējusi procesa matemātiskā modelēšana ar modernajām skaitļošanas mašīnām. Komētu ķermeņu sadalījuma iespējamo pārkārtošanos Saules sistēmas attīstības gaitā modelējuši gan Padomju Savienības, gan ārzemju astronomi, un ticami restaurēta abu mākoņu veidošanās aina. To uzskatāmi ilustrē, piemēram, Kanādas astronomi M. Dankans, T. Kvinns un S. Frimeins 1987. gada beigās publicētā darbā (4. att.). Viņi pieņēma, ka komētas veidojušās ārējo planētu apkaimē, un centās noskaidrot, kā šo komētu sadalījumu telpā pakāpeniski pārveido Saules sistēmas planētu, garāmejošu zvaigžņu un Galaktikas gravitācijas lauka ietekme. Viņu modelī iekšējā mākoņa iekšējā robeža atrodas apmēram 3000 a. v. attālumā no Saules, lai gan daļa komētu var atrasties arī tuvāk. Līdz 5000 a. v. plešas mākoņa blīvākā daļa, kas satur 50% komētu, bet līdz 10 000 a. v. izvietoti 70% komētu. Par robežu starp abiem mākoņiem uzskatāms attālumš 20 000 astronomisko vienību. Aiz šīs robežas, t. i., Orta mākonī, atrodas tikai 20% komētu. Tātad Orta mākonis patiesībā ir vājš oreols ap iekšējo mākonī.

Aplūkosim, kā abu mākoņu veidošanās ainu skaidro Maskavas astronomi F. Cicans un V. Cepurova. Kad planētas jau bija pietiekami lielas,

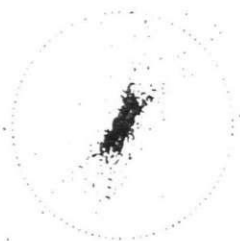


3. att. Holandiešu astronoms Jans Hendriks Orts, kurš pirmais izteica ideju par ārējo komētu mākonī.

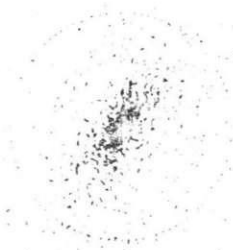
lai sāktu perturbēt sīko ķermeņu orbītas, tās no riņķveidīgām protoplanētu diska centrālajā plaknē sāka pārtapt par daudzveidīgām, it kā haotiskām un pamazām aizņēma arvien platāku joslu ap sistēmas centrālo plakni. Izveidojās ārkārtīgi bagātais iekšējais komētu mākonis. Gan savstarpējās sadursmēs, gan planētu un citu objektu ietekmē komētas saņēma arvien jaunus impulsus, kas mainīja to pilno enerģiju un tātad arī orbītas.

Tām komētām, kuru enerģija iedarbju kopumā samazinājās, orbītu pusasis kļuva īsākas, un šīs komētas nonāca Saules sistēmas iekšienē. Tur tās gaidīja dažāds liktenis: vienas pievienojās ārējām planētām, palielinot to masu, citas sasniegda iekšējās planētas, radot grandiozu komētu izrādi un dažkārt arī ietriecoties planētās, vēl citas sadūrās ar pašu Sauli. Tagad, iespējams, ir atrasts šo notikumu analogs kādas zvaigznes — Gleznotāja β — topošajā planētu sistēmā (sk. Alksne Z. Vai IRAS atklājis topošas planētu sistēmas? — Zvaigžņotā Debess, 1985. gada rudens, 18.—20. lpp.). Ap Gleznotāja β pastāv apmēram 500 a. v. plašs, saplacināts cietu daļiņu disks (5. att.), kas pret mums vērstš gandrīz ar šķautni. Bez tam zvaigzni apņēm gāzes apvalks, kura starojumu jau vairākus gadus sistemātiski pēta franču astronomi A. Lagranžs-Henri un

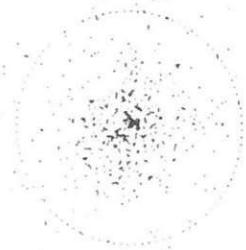
1



2



3



4. att. Komētu sadalījums projekcijā uz plakni 10 miljonus gadu (1), 100 miljonus gadu (2) un 4,5 miljardus gadu (3) pēc Saules sistēmas tapšanas. Punktētais aplis iezīmē Orta mākoņa iekšējo robežu. (*The Astronomical Journal*, 1987, N 1582.)

A. Vidāls-Madžārs kopā ar kolēģiem. Viņi atklājuši, ka dažu atomu absorbcijas līnijās laika gaitā notiek tādas izmaiņas, kuras var izskaidrot kā aptuveni 0,3—6 km lielu uz zvaigzni krītošu ķermeņu iztvaikošanas rezultātu. Ja šī interpretācija ir pareiza, tad šādi ķermeņi uz Gleznatāja β krīt 10—100 reizu gadā. Ķermeņi varētu būt komētas no tāda paša blīva komētu mākoņa, kāds eksistēja Saules sistēmas pastāvēšanas sākumos.

Atgriežoties pie Saules sistēmas veidošanās laika komētām, aplūkosim tās, kuru enerģija dažādu iedarbju rezultātā pieauga. Šīm komētām orbītu lielā pusass kļuva garāka, pie tam galvenokārt palielinājās afēlija attālums, bet perihēlijs palika planētu zonā. Ja afēlijs aizvirzījās tik tālu, ka komēta nonāca tuvāko zvaigžņu ietekmē, tad arī perihēlijs varēja iziet no planētu zonas, un turpmāko orbītas lēno attīstību noteica galvenokārt zvaigznes. Tā kā lielāko daļu apriņķošanas laika šādas komētas pavada afēlija tuvumā, kur to ātrums ir tūkstošiem reizu mazāks nekā perihēlijā, tad katrā dotajā brīdī vairums šo komētu atrodas tālu no Saules, kur izveidojas par Orta komētu mākonī nosauktais sakopojums (6. att.).

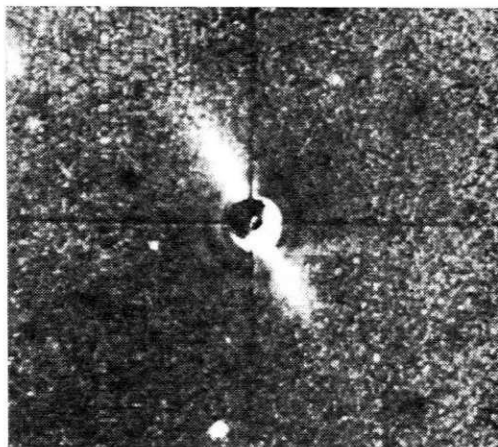
Tātad komētu dzimtene ir Saules sistēmas ārējo planētu apvidus, bet to tagadējā mājvieta un krātuve — iekšējais komētu mākonis un vainags ap to — Orta mākonis. Neskaidrs ir jautājums, vai īsperioda komētas veidojas tikai no Orta mākoņa ilgperioda komētām planētu pievilkšanas spēku ietekmē, kā to izklāstijām raksta sākumā, vai tās ieceļo Saules sistēmas centrālajā daļā arī tieši no iekšējā komētu mākoņa pašas tuvākās daļas (35—100 a. v.) un kurš process ir noteicošais. Kamēr šis jautājums pilnībā nav atrisināts, balstīsimies uz amerikāņu astrofizika J. Hilla 1981. gada apsvērumiem. Viņš uzskata, ka komētas gan var nepārtraukti iepļūst Saules sistēmas centrālajā daļā no iekšējā mākoņa, taču tas notiek ārkārtīgi lēni. Process var paātrināties vismaz par kārtu, ja kāda zvaigzne iet

tik cieši garām, ka tās pievilkšanas spēki izkustina daudzas iekšējā mākoņa komētas. Tad novērotāji no Zemes redzētu bagātīgu komētu plūsmu, ko J. Hills sauc par komētu lietu. Komētu lietus laikā varētu notikt arī komētu sadursmes ar Zemi. Daļu iekšējā mākoņa komētu cieši garāmejoša zvaigzne novirzītu arī uz Orta mākonī, tā papildinot to.

Runājot par komētu lietu, jāpiemin arī dažas visai spekulatīvas idejas, kuras cirkulē kopš 1984. gada, kad ar šo parādību sāka saistīt Zemes biosfēras kādreizējās pārvērtības. Kā zināms, ir konstatētas vairākkārtējas globālas biosfēras izmaiņas. Atstājot malā citas versijas, aplūkosim varbūtēju saistību starp šīm izmaiņām, krāteriem uz Zemes un komētām. Uz Zemes atrasti prāvā skaitā dažāda vecuma milzu krāteri (7. att.), kuri, jādomā, radušies, Zemei saduroties ar kādiem kosmiskiem ķermeņiem (tie varētu būt komētas vai asteroīdi). Sadursmes sekas (atmosfēras piesārņošanās un caurspīdības samazināšanās) varēja izraisīt dzīvo būtnu izmiršanu — no visvienkāršākajiem bioloģiskajiem organismiem caur zālēdājiem līdz plēsējiem. Šādi masveida izmiršanai konstatēts periods robežās no 26 miljoniem līdz 32 miljoniem gadu. Izrādās, ka arī krāteri pastiprināti veidojušies ar šādu pašu cikliskumu. Paliekot pie versijas par komētām kā krāteru cēloni, vajag atrast ciklisku iekšējā komētu mākoņa ierosinātāju.

1984. gadā tika izvirzīta versija, ka Saule ir dubultzvaigzne, kuras pavadone — sīka zvaigznīte — kustas pa ļoti izstieptu elipsi un ik apriņķojumā skar iekšējo komētu mākonī, ierosinot to izmest komētas. Tā kā pēdējā lielā dzīvo būtnu izmiršana notikusi pirms 11 miljoniem gadu, t. i., pagājuši gandrīz puse mīnētā cikla, tad tagad Saules pavadonei būtu jāatrodas afēlija tuvumā. Varbūt tāpēc to pagaidām nav izdevies atrast. Domājamā Saules pavadone nosaukta par Nemesīdu (sengrieķu mitoloģijā — atriebes dievs).

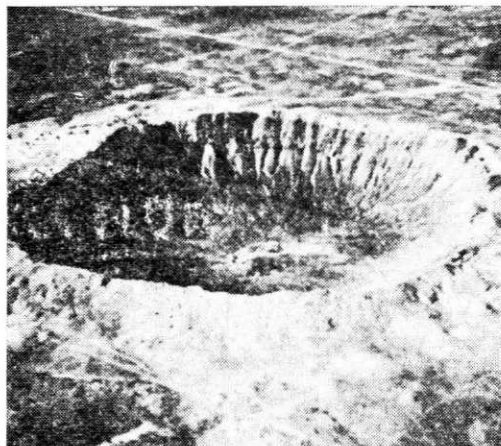
Cita versija tika izteikta 1985. gadā: par komētu lietus izraisītāju tajā pieņemta mistiska transplutona planēta X, ar kuras eksistenci astronomi jau bija mēģinājuši skaidrot Saules sistēmas ārējo planētu novirzes no aprēķinātajām orbītām. Iespējams, ka šī planēta kustas ap Sauli vidēji 100 a. v. attālumā pa maz izstieptu or-



5. att. Iespējamais protoplanētu disks ap Gleznotāja β, kura attēlu 1984. gadā ieguva B. Smits un R. Terils, aizsedzot pašas zvaigznes attēlu ar masku. (*Mercury*, 1985, N 1).



6. att. Orta mākoņa komētas kustas pa ļoti izstieptām elipsēm, kuru perihēlijs var būt Saules sistēmas robežās, bet afēlijs atrodas neiedomājami tālu aiz tām. Mākoņa komētu orbītas ietver Saules sistēmu no visām pusēm kā milzīga kamola tinumi jeb, pareizāk, kā ēza adatas.



7. att. Vairāk nekā kilometru platais un 200 m dziļais meteorīta krāteris Arizonā (ASV), kurš varētu būt radies pirms kādiem 25 000 gadu. Ir zināmi vēl grandiozāki krāteri, kurus, iespējams, radījusi komētu sadursme ar Zemi.

būtu lielā leņķī pret ekliptiku, vienu apriņķojumu veicot 1000 gados. Citu planētu ietekmē planēta X precesē ar periodu 28 miljoni gadu un, tuvojoties iekšējam komētu mākonim, izraisa komētu lietu.

Trešā versija paredz, ka cikliski komētu lietu rada Saules sistēmas vertikālās svārstības pret Galaktikas centrālo plakni ar periodu ap 32 miljoniem gadu, pie tam galvenā loma komētu lietus izraisīšanā var būt jau minētajiem starpzvaigžņu molekulu mākoņu kompleksi, kas koncentrējas Galaktikas centrālās plaknes tuvumā.

Tā kā iekšējā komētu mākoņa klātbūtnes apstiprināšanai izdevīgais pieņēmums par komētu lietu un tā sekām nebūt nav vienīgais skaidrojums Zemes biosfēras pārvērtībām, tad šā mākoņa realitātei vajadzētu iegūt pārliecinošākus pierādījumus, izmantojot tiešus novērojumus. PSRS ZA Kosmisko pētījumu institūta līdzstrādnieki L. Maročņiks un G. Šolomickis, izdarot dažādus pieņēmumus par iekšējā komētu mākoņa formu, masu un ārējām iedarbēm uz to, 1987. gadā teorētiski novērtējuši, vai ir iespējams novērot mākoņa infrasarkano starojumu, kas varētu rasties, komētu ķermeņiem atstarojot Saules gaismu. Izrādās, ka nepieciešamie novērojumi ir uz nākamā kosmiskās pētniecības projektu aparātu iespēju robežas. Cerams, ka līdz ar lielo kosmisko teleskopu pacelšanu orbītās izdosies pārliecināties par iekšējā komētu mākoņa eksistenci, kā arī precizēt priekšstatus par mākoņa izvietojumu un uzbūvi.



Saules magnētiskā lauka elementu struktūra

Ilggadēju intensīvu pētījumu gaitā ir izveidojusies atziņa, ka daudzu svarīgu Saules aktivitātes parādību, kā, piemēram, uzliesmojumu, protuberanču u. c., cēlonis ir Saules magnētiskie lauki un to mijiedarbība. Šī atziņa gan no fundamentālo, gan arī no praktisko pētījumu viedokļa, ņemot vērā Saules aktivitātes lielo ietekmi uz daudzu ģeofizikālu procesu norisēm, kompleksajā Saules izpētes jomā Saules magnētisko lauku pētījumiem liek pievērst pastiprinātu uzmanību. Tādēļ kopējā Saules pētījumiem veltītajā darbu klāstā magnētisko lauku pētījumi aizņem tik ievērojamu daļu.

Padomju Savienībā viena no vadošajām zinātniskās pētniecības iestādēm Saules magnētisko lauku izpētē ir PSRS ZA Krimas Astrofizikas observatorija (KraO). Tās ieguldījums tiek augstu vērtēts ne tikai mūsu zemē, bet arī ārzemēs. Apzinoties, ka pat ne visai pilnīgs ieskats sarežģītajā Saules magnētisko lauku problemātikā kopumā nav realizējams viena raksta ietvaros, šajā nelielajā informācijā pievērsīšos dažiem atsevišķiem, manuprāt, interesantiem pēdējā laikā veikto Saules magnētisko lauku pētījumu rezultātiem. Šo pētījumu autori ir KraO līdzstrādnieki S. Gopasjūks un L. Djomkina.¹ Saules kopējā magnētiskā lauka struktūras elementu pētījumos viņi izmantojuši dzelzs spektra līnijas ($\lambda = 5250,2 \text{ \AA}$) novērojumus, lietojot magnetogrāfu, kas dod iespēju izmērīt magnētiskā lauka intensitāti. Zinātnieku mērķis bija labāk

izprast ar magnētisko lauku cauraustās Saules plazmas kustības likumsakarības un magnētisko elementu formēšanās un uzpeldēšanas procesus Saules atmosfērā.

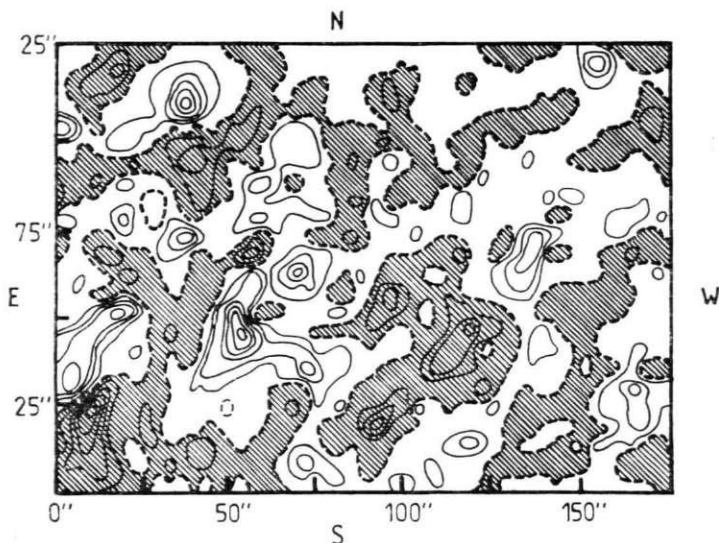
Jau 60. gados KraO ilggadējais direktors akadēmiķis A. Severnijs atklāja, ka Saules kopējais magnētiskais lauks sastāv no daudziem atsevišķiem elementiem ar pretēju magnētisko polaritāti. Visbiežāk noverojamo elementu izmēri ir 6–12" un magnētiskā lauka intensitāte 3–5 gausi. Attēlā dots neliels 1975. gada 24. septembra Saules novērojumos iegūtas magnētiskā lauka kartes fragments, kurā atzīmētas Saules magnētiskā lauka horizontālās jeb tangenciālās komponentes² intensitātes izolīnijas, t. i., līnijas, kas savieno virsmas punktus ar vienādu magnētiskā lauka intensitāti.

Sādu Saules magnētiskā lauka karšu detalizēta analīze S. Gopasjūkam un L. Djomkinai ir devusi iespēju izdarīt vairākus nozīmīgus secinājumus. Tā, piemēram, izrādās, ka Saules kopējo magnētisko lauku veidojošie elementi ir deformēti, resp., izstiepti gar Saules rotācijas līniju, t. i., gar rietumu—austrumu līniju. Turklāt rietumu virzienā, t. i., preti Saules rotācijas virzienam, elementu izstiepums ir mazāks nekā pretējā virzienā. Tas nozīmē, ka elementu magnētiskais lauks no rietumu puses ir saspiests.

Šī deformācija visvairāk skar vietas, kur magnētiskā lauka intensitāte ir vāja. Elementu apgabali, kuros magnētiskā lauka in-

¹ Materiāls par to publicēts izdevumā «Известия ордена Трудового Красного Знамени Крымской астрофизической обсерватории». М.: Наука, 1987, т. 76, с. 138—147.

² Magnētiskais lauks ir vektorāls lielums, ko var sadalīt divās komponentēs, no kurām viena vērsta perpendikulāri pret Saules virsmu, bet otra — horizontāli.



Mierīgas Saules magnētiskā lauka kartes fragments, kas iegūts, novērojot Saules magnētiskā lauka horizontālo komponenti 1975. gada 24. septembrī. Ar svītrliņņu atzīmētas dažādas magnētiskās polaritātes apgabalu robežas (svītrotie laukumi — ziemeļu polaritātes, nesvītrotie — dienvidu polaritātes apgabali). Izolīnijas ir novilkta ar 4 gaušu intervālu. Redzams, ka Saules magnētiskais lauks sastāv no daudziem savstarpēji caurastiem dažāda izmēra un dažādas konfigurācijas elementiem ar pretēju magnētisko polaritāti.

tensitāte ir 8–10 gauši, netiek deformēti. Šādu magnētisko elementu formas īpatnību var izskaidrot, ja pieņem, ka magnētiskā lauka elementi šķēļ no rietumu puses nākošo plazmas plūsmu vai arī, kas faktiski ir tas pats, ka paši elementi, t. i., to magnētiskais lauks, kustas rietumu virzienā attiecībā pret Saules plazmu.

Septiņdesmitajos gados, pateicoties R. Horvada un Dž. Hārvija pētījumiem, tika atklāts, ka Saules plankumu un liela mēroga Saules magnētiskā lauka struktūru rotācijas ātrums ir lielāks nekā Saules fotosfēras plazmas rotācijas ātrums, kāds izriet no fotosfēras līmeņa spektra līniju Doplera nobīdes mērījumiem. Ņemot vērā arī S. Gopasjuka un L. Djomkinas pētījumu rezultātus, šķiet, ka tas atspoguļo vispārīgu likumsakarību, t. i., ka Saules plazma un magnētiskie lauki (gan liela, gan maza mēroga magnētisko lauku struktūras) fotosfēras līmenī rotē ar dažādu ātrumu.

Tā kā magnētisko elementu deformācija skar tikai tos apgabalus, kuriem magnētiskā lauka intensitāte ir mazāka par 8–10 gaušiem, izdarot zināmus pieņēmumus, var aprēķināt, ka magnētisko elementu (cauruļu) kustības ātrums attiecībā pret plazmu fotosfēras līmenī ir 50–60 m/s, t. i., par 2,5–3% pārsniedz fotosfēras plazmas rotācijas ātrumu, kas ek-

vatora zonā ir apmēram 2 km sekundē.

Sis rezultāts, savukārt, ļauj izdarīt jaunu interesantu secinājumu, proti, ka Saules magnētiskie lauki, kas šķērso fotosfēru un ietiecas hromosfērā, acimredzot pilnīgi nosaka hromosfēras plazmas rotācijas ātrumu, jo, kā liecina hromosfēras līmenī izdarīto spektra līniju (piem., H_{α}) Doplera nobīdes mērījumi, hromosfēras plazmas rotācijas ātrums arī ir apmēram par 3% lielāks nekā fotosfēras plazmas rotācijas ātrums.

Ja pastāv šādi atšķirīgi Saules magnētisko lauku elementu un plazmas rotācijas ātrumi, samērā īsā laikā berzes dēļ, kas rodas, plazmai, t. i., elektrovadošai videi, kustoties attiecībā pret magnētisko lauku, ātrumiem būtu jāizlīdzinās. Taču to nenovēro, tātad pastāv efektīvs bremzēšanas mehānisms, kas izraisa fotosfēras plazmas rotācijas ātruma samazināšanos. Iespējams, ka cēlonis tam ir intensīvā konvektīvā kustība, kas, vertikāli vērsta, var ievērojami traucēt plazmas kustību horizontālā virzienā.

Sis nelielais ieskaits Saules magnētisko lauku pētījumu problemātikā visai uzskatāmi parāda, ka, pētot pat šķietami vienkāršus jautājumus, dažkārt paveras iespēja izdarīt daudzveidīgus fundamentālus secinājumus.

A. Balklavs

Viļņi no terminatora

Ar ātrumu vairāk nekā 1000 km/h ap Zemi skrien gaismas un ēnas, dienas un nakts robeža — terminators. Tā ir arī robeža starp krasi atšķirīgiem fizikālajiem apstākļiem Zemes atmosfērā. Naktī atmosfērā ieplūst tikai nedaudz Galaktikas kosmisko staru un radiācijas joslu daļiņu. Turpretī dienā, kad valda Saules daudzveidīgā starojuma plūsma, Zemes atmosfērā, it īpaši jonosfērā, norisinās dažādas aeronomiskas reakcijas — atmosfēras atomu un molekulu jonizācija, rekombinācija, kompleksu veidošanās u. c. Šīm reakcijām ir katrai sava enerģētiskā vērtība, tāpēc pāreja no nakts uz dienu ir arī strauja pāreja aktīvā termiskā režīmā. Lielām gaisa masām piepeši sasilstot un izplešoties, no terminatora apvidus jāizplatās viļņveidīgām atmosfēras perturbācijām. Šādu parādību nesen arī fiksējuši padomju zinātnieki, izmantojot plašu eksperimentālu kompleksu: tika veikta lāzeru zondēšana, radiosignālu Doplera nobīdes mērījumi un kosmisko staru variāciju reģistrācija. Analizējot iegūtos rezultātus, izdevās konstatēt, ka terminatora joslā ģenerētie viļņi aptver visus atmosfēras augstumus.

Interesanti, kā šajā viļņojumā mainās kosmisko staru plūsma. Ceļā uz Zemi to ietekmē gan atmosfēras blīvuma, gan elektronu koncentrācijas un magnētiskā lauka intensitātes izmaiņas.

Netālu no Alma-Atas 3340 km augstumā darbojas neitronu monitors, kas reģistrē līdz Zemei nonākušos kosmisko staru neitronus. Šīs neitronu plūsmas intensitātes variāciju spektrā zinātnieki atklāja 1h un 2h ilguma «pīķus», kuriem atbilst elektronu koncentrācijas variācijas 70—100 km augstumā. Respektīvi, te novērota daļa no perturbāciju, kuras rodas terminatora joslā. Neitronu plūsmas spektrā stundas maksimums iestājas saullēktā, divu stundu maksimums — saulrietā, jo aeronomiskas reakcijas rimst lēnāk nekā ierosinās.

Terminatora joslā ģenerēto atmosfēras izmaiņu pētījumi ir ļoti svarīgi arī praksei, it īpaši radioviļņu izplatīšanās apstākļu prognozēšanai.

N. C i m a h o v i č a

Saules aktivitāte — pēcooperācijas riska faktors

Par Saules aktivitātes negatīvo ietekmi uz dažādu slimību norisi ir zināms jau kopš mūsu gadsimta 20. gadiem. Tomēr vēl arvien nav skaidrs, kurš no Saules radiācijas veidiem šeit ir galvenais vainīgais. Tā kā gandrīz viss Saules aktīvais starojums absorbējas Zemes atmosfērā, pastāv doma, ka iedarbīgais aģents ir atmosfērā ģenerētās, sekundārās, perturbācijas — krāsās laikapstākļu maiņas un Zemes magnētiskā lauka parametru svārstības. Tiešām, daudzi pētnieki atraduši sakarību starp Zemes magnētiskā lauka izmaiņām un slimnieku stāvokļa pasliktināšanos. To praksē ņem vērā kardiologi un dažkārt arī ķirurgi, jo, piemēram, ir zināms, ka paaugstinātas ģeomagnētiskās aktivitātes laikposmos var sākties asiņošana pat pēc šķietami tik nevainīgas operācijas kā mandeļu izgriešana.

Šodien par Saules aktivitāti runājam kā par fizikālu stresa faktoru, kas noslogo cilvēka organisma adaptācijas mehānismus. Šādā skatījumā ir skaidrs, ka Saules aktivitātes pieauguma dienās īpašam riskam pakļauti cilvēki ar pavājinātām adaptācijas spējām — veci un slimi. Pārbaudot šo domu, Maskavas pilsētas 60. klīniskās slimnīcas ārsti kopā ar Ģeofizikas datu centra speciālistiem analizēja ģeomagnētiskā lauka stāvokli tais laikposmos, kad reģistrēti miršanas gadījumi pēc uroloģiskajām operācijām. Slimnieku vecums bija 62—94 gadi, miršanas gadījumu skaits — 91. Visi šie gadījumi tika sadalīti divās grupās: vienā grupā nāves cēlonis bija plaušu tromboembolija, asiņošana, sirds un asinsvadu mazspēja, miokarda infarkts, respektīvi, tās komplikācijas, kuru saistība ar Saules aktivitāti jau zināma, bet otrā grupā nāves cēlonis bija vispārēja intoksikācija, peritonīts, urēmija, pneimonija u. c.

Ģeomagnētiskā lauka stāvokļa raksturošanai izmantots indekss A_p , kas izsaka magnētisko variāciju planetāro amplitūdu un kam ir lineāra skala. Ar epohu superpozīcijas metodi — viduvējot visiem gadījumiem atbilstošās A_p vērtības no -5 līdz +6 dienai — iegūts gluži negaidīts rezultāts: izrādās, ka

nāves gadījumi atbilst A_p kritumam, kad ģeomagnētisko variāciju amplitūda samazinās. Pie tam, ja nāves cēlonis bijusi kāda no pirmās grupas komplikācijām, krīze iestājusies vidēji trīs dienas pirms A_p minimuma, bet otrās grupas komplikācijām bīstama bijusi pati minimuma diena. Šā rezultāta interpretācijai jāņem vērā, ka ģeomagnētisko variāciju amplitūda parasti samazinās pirms lielām magnētiskā lauka perturbācijām — «klusums pirms vētras». Tātad novājināts organisms jūt kādus šīs tuvojošās magnētiskās vētras priekšvēstnešus. Ir zināms, ka tieši pirms magnētiskās vētras, kas izraisās Zemes atmosfēras pašos augšējos slāņos, īstenībā tik augstu, ka te jau jārunā par magnetosfēru, risinās dažādi liela mēroga dinamiski procesi Zemei tuvajā kosmosa telpā — notiek Saules vēja plūsmu mijiedarbība. Kā šie procesi atbalsojas uz Zemes, tas pagaidām vēl nav zināms. Iespējams, ka liela nozīme te ir magnētiskajām mikropulsācijām, kuras novērojamas pirms magnētiskajām vētrām. Tomēr svarīga ir atziņa, ka ģeomagnētiskā lauka izmaiņas prasa no organisma papildspēkus homeostatiskā līdzsvara saglabāšanai, un tas jāņem vērā medicīnas darbiniekiem.

N. C i m a h o v i č a

Projekts VERA

1988. gada aprīļa sākumā no Micuzavas observatorijas (Japāna) isā darba vizītē Rīgā bija ieradies japāņu astronoms Tecuo Sasao ar dzīvesbiedri. Viesis, kas, starp citu, runā labā krievu valodā, jo kādreiz studējis P. Lumumbas Maskavas Tautu draudzības universitātē, ir teorētiskas noslieces zinātnieks, kura pētījumi veltīti Zemes rotācijas problēmām. Ar Micuzavas observatoriju Latvijas Valsts universitātes astronomiem ir pastāvējusi ilgstoša sadarbība. Līdz 1987. gada beigām uz turieni ik mēnesi tika sūtīti Zemes rotācijas para-

metru noteikšanai veikto novērojumu rezultāti, jo Micuzavā atradās Starptautiskā polu kustības dienesta centrālais birojs (1988. g. janvārī sakarā ar vispārēju reorganizāciju šis dienests likvidēts, bet apmēram līdzīgu uzdevumu koordinācijas un datu apstrādes centrs izveidots Ķīnas Tautas Republikā — Sanhajā).

Japānas viesis dzīvi interesējās par Rīgas astronomu panākumiem galvenokārt instrumentu būvniecības jomā, jo tālāki sasniegumi Zemes rotācijas pētījumos nenoliedzami saistāmi ar jaunas tehnikas un jaunu metožu lietojumu. Kā zināms, Rīga ir viens no galvenajiem kosmiskās lāzera telemetrijas attīstības centriem Padomju Savienībā.

Doktors Sasao pats pēdējā laikā nodarbojas ar pētījumiem un projektiem par sevišķi garas bāzes radiointerferometru izmantošanu Zemes rotācijas pētījumos. Japānas zinātnieki jau tagad piedalās arī starptautiskā ap Kluso okeānu izvietoto radiointerferometru tīkla darbībā.

Paši japāņi sākuši realizēt projektu pāri par 2000 km garas bāzes interferometram ar vienu antenu ziemeļos no Tokio, bet otru — uz nelielas saliņas Rjukju arhipelāgā. Darba iniciatori cer ar šo projektēto kompleksu iegūt ļoti augstas precizitātes novērojumus. Tam kīla ir ļoti augstās tehniskās projekta prasības, Japānas rūpniecības tehnoloģijas mūsdienas līmenis un rūpīgā vietas izvēle abām interferometra radioantēnām — radioteleskopiem. Tos būvēs uz masīviem klinšu iezīem, tā novēršot varbūtējo pamatu sēšanas vai citādu deformāciju attiecībā pret Zemes virsmu. Par šo ļoti garas bāzes radiointerferometra projektu VERA (VLBI FOR THE EARTH ROTATION STUDY AND ASTROMETRY; savukārt, VLBI — VERY LONG BASE INTERFEROMETRY) un par virkni citu problēmu, kas saistītas ar Zemes rotāciju, Tecuo Sasao referēja LVU Astronomiskās observatorijas padomes sēdē.

Leonīds Roze



«FOBOSS» UN MARSS

Kosmonautikas sasniegumu rezultātā Marss ir vislabāk iepazītā Saules sistēmas planēta, izņemot, protams, Zemi. Patiesi, tikai Marsam visa virsma uzņemta nedaudzus simtus metru un daži apgabali — pat pārdesmit metru sīkās detaļās, tikai uz šīs planētas pilnu vietējo gadu diendienā veikti gan globāli un reģionāli (no orbītas), gan lokāli (tieši uz virsmas) meteoroloģiskie novērojumi, tikai tur īstenoti sarežģīti eksperimenti varbūtēju mikroorganismu un tos veidojošu organisko vielu meklēšanai un izdarīti nopietni seismiskie novērojumi. Bez tam Marss ir pirmā svešā planēta, kurai ar tiešiem paņēmieniem detalizēti iepazīts atmosfēras ķīmiskais sastāvs un noteikts grunts elementsastāvs. Šie kompleksie pētījumi veikti no 1976. gada līdz 1982. gadam amerikāņu programmas «Viking» ietvaros, taču vispār Marsa pētīšana ar kosmiskās tehnikas līdzekļiem sākusies jau agrāk: no 1965. gada līdz 1972. gadam to darījušas četras amerikāņu automātiskās stacijas «Mariner», bet no 1971. gada līdz 1974. gadam — dažas padomju automātiskās stacijas «Marss».*

Un tomēr vēl joprojām nav noskaidrotas pat dažas agrākās ar Marsu saistītās problēmas, nemaz nerunājot par tām, kuras radušās pēc jaunu faktu atklāšanas automātisko staciju lidojumos uz šo planētu. Turklāt dažādu iemeslu dēļ nav veikti arī daži tādi Marsa pētījumi, kādi īstenoti citām, nereti pat daudz tālākām planētām. Daļu šādu «balto plankumu» iecerēts likvidēt padomju programmas «Foboss» izpildes gaitā,

kuras kulminācijas posmam — Marsa un Fobosa pētījumiem ar diviem jaunas konstrukcijas mākslīgajiem pavadoņiem — būtu jānotiek 1989. gadā.**

Marsa virsmas izskats pēc mākslīgo pavadoņu «Viking-1» un «Viking-2» veiktās sistemātiskās teleuzņemšanas zināms ļoti sīki: praktiski visai planētai 300 m lielās, bet diviem procentiem virsmas — pat 10—20 reizes sīkākās detaļās. Šī globālā apskate vēl uzskatāmāk nekā pirmā, ko 1972. gadā veica pavadoņi «Mariner-9», apliecina Marsa virsmas ģeoloģisko daudzveidību: tur sastopami gan meteorītu izsisti krāteri, gan izžuvušu ūdensplūsmu gultnes, gan grandiozas tektoniskās plaisas un milzīgi apdzisuši vulkāni, gan daudz kas cits (sk. krāsu lielikumu šajā un 1988. gada vasaras numurā).

Arī programmā «Foboss» ietverta Marsa virsmas teleuzņemšana — ar tām pašām telekamerām, ar kurām Fobosu visciešākās tuvošanās brīdī iecerēts aplūkot dažus centimetrus sīkās detaļās. Tā kā kosmiskā aparāta attālums no Marsa būs vismaz 10 000 reižu lielāks nekā minimālais augstums virs Fobosa, tad sīkākās detaļās, kuras varēs saskatīt uz planētas virsmas, būs vismaz vairākus kilometrus lielas, turklāt orbītas mazais slīpums pret Marsa ekvatoru liegs uzņemt planētas polu apkārtni. Tādēļ Marsa pētījumos automātisko staciju «Foboss» telekamerai kalpos ne tik daudz kā patstāvīgi instrumenti, bet vairāk kā palīgierīces, lai ar citiem optiskajiem instrumentiem iegūtie dati būtu

* Sk. Mūkins E. Lidojumi uz Marsu. — Zvaigžņotā Debess, 1988. gada vasara, 31.—40. lpp.

** Sk. Mūkins E. Jauna automātisko staciju paaudze. — Zvaigžņotā Debess, 1988. gada rudens, 30.—36. lpp.

piesaistīti konkrētiem planētas apgabaliem.

Marsa grunts sastāvs kaut cik pamatīgi iepazīts divās planētas vietās — tajās, kur kopš 1976. gada ilgstošus tiešos pētījumus veica automātisko staciju «Viking-1» un «Viking-2» nolaižamie aparāti. Pirmkārt, ar rentgenfluorescences metodi, kuras pamatā ir pētāmās vielas apstarošana ar ātriem protoniem un to inducētā rentgenstarojuma spektru reģistrēšana, vairākiem grunts paraugiem (no atklātiem laukumiņiem, no akmens apakšas, no 25 cm dziļas tranšējas) noteikts elementsastāvs (1. tab.). Ja pieņem, ka šādi konstatētie ķīmiskie elementi, tāpat kā uz Zemes, lielākoties ietilpst oksīdos, tad Marsa grunts sastāvs ir šāds: 44% SiO₂, 19% Fe₂O₃ (ja visu Fe daudzumu nosacīti ietver šajā oksīdā), 8¹/₂% MgO, 5¹/₂% Al₂O₃, 5¹/₂% CaO, 1% TiO₂, 8% SO₃ utt. Otrkārt, ar gāzu hromatogrāfa un masspektrometra kompleksu meklējot Marsa gruntī varbūtējus organiskos savienojumus, dažiem paraugiem izvērtēts viegli gaistošo vielu daudzums — ap 1,5 procentiem. Treškārt, pēc diezgan intensīvās grunts daļiņu pielīpšanas pie manipulatora galā nostiprinātā magnēta novērtēts magnētiskā materiāla daudzums — 3—7 procenti. Ceturtkārt, ar nolaižamo aparātu telefotometriem (optiski mehāniskajām telekamerām) izmērīta virsmas materiāla atstarotspēja trijās redzamās gaismas krāsās un trijās tuvējā infra-

sarkanā diapazona joslās. Visu te minēto datu kopums liek secināt, ka Marsa grunts pēc sastāva pašos vispārīgākajos vilcienos ir līdzīga uz Zemes sastopamajiem vulkāniskajiem iezīmiem, tikai satur daudz vairāk hidratētu dzelzs oksīdu (kas piešķir planētai raksturīgo sarkanbrūno krāsu) un sēra savienojumu.

Tā kā grunts elementsastāvs abās «Viking» nolaišanās vietās izrādījies identisks, var domāt, ka Marsa vēji patiešām ir pietiekami spēcīgi, lai efektīvi sajauktu dažādās vietās izveidojušos smalkgraudaino materiālu un tādējādi padarītu to viscaur gandrīz vienādu. Turpretī nesasmalcinātajam virsmas materiālam — klintīm un akmeņiem — vajadzētu reprezentēt, spriežot pēc Marsa ģeoloģiskā daudzveidīguma, visai dažādus iezus. Taču ar «Viking» nolaižamajiem aparātiem neviena Marsa akmens elementsastāvs nav noteikts, jo visi ar manipulatora kausiņu paceltie nelieli objekti izrādījās tikai salīpušas grunts piciņas. Tādēļ vienīgā tiešā informācija par šīs planētas cieto iezu sastāvu, turklāt dažādos rajonos, ir virsmas dabiskā gamma starojuma spektri, kurus 1974. gadā pāris tūkstošu kilometru augstumā virs planētas dienvidpuslodes reģistrēja pavadonis «Mars-5». Pēc kālija, urāna un torija radioaktīvo izotopu gamma starojuma intensitātes noteikts, ka šajās vietās Marsa virsējā slānī (gruntī+akmeņos+monolītajā iezī)

1. tabula

Marsa grunts elementsastāvs [svara %]*

Ķīmiskais elements	«Viking-1» iegūtie paraugi			«Viking-2» iegūtais paraugs	Varbūtēja mērījuma kļūda**
	1.	2.	3.		
Mg	5,0	?	5,2	?	2,5
Al	3,0	?	2,9	?	0,9
Si	20,9	20,8	20,5	20,0	2,5
S	3,1	3,8	3,8	2,6	0,5
Cl	0,7	0,8	0,9	0,6	0,3
K	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	
Ca	4,0	3,8	4,0	3,6	0,8
Ti	0,5	0,5	0,5	0,6	0,2
Fe	12,7	12,6	13,1	14,2	2,0
O	50,1	49,7	?	50,4	4,3

* Mērīts tieši uz Marsa ar rentgenfluorescences metodi («Viking» NA).

** Norādīta pirmajam «Viking-1» iegūtajam paraugam (citiem tā ir līdzīga).

Piezīme. Paraugos konstatēti arī rubīdijs (Rb), stroncijs (Sr), itrijs (Y) un cirkoniji (Zr), katrs <0,01% daudzumā.

ir vidēji 0,3% K, 0,00006% U un 0,00021% Th. Pēc gamma radioaktivitātes, kuru virsmas materiālā inducējis kosmiskais korpuskulārais starojums, novērtēts arī dažu galveno iežu veidojošo ķīmisko elementu daudzums: 44% O, 17% Si un 19% Al+Fe. Šāds pētījums paredzēts turpināt — turklāt detalizētāk, precīzāk un virs citiem planētas rajoniem — ar jauna parauga gamma spektrometriem, kas uzstādīti automātiskajās stacijās «Foboss». Lai mēģinātu identificēt konkrētos minerālus, kurus veido minēto ķīmisko elementu atomi, iecerēts izmantot šajos kosmiskajos aparātos izvietotos tuvējā infrasarkanā diapazona spektrometrus (orbītā ap Marsu šādi instrumenti tiks ievadīti pirmoreiz).

Marsa virsmas temperatūra pagaidām daudz maz precīzi vērtēta tikai no attāluma — pēc virsmas infrasarkanā jeb siltuma starojuma intensitātes. (Tiešie temperatūras mērījumi, kurus gadiem ilgi diendienā izdarīja «Viking» nolaižamie aparāti, attiecās nevis uz virsmu, bet gan uz gaisa slāni 1,6 m virs tās.) 70. gadu otrajā pusē ar «Viking» orbitālajiem aparātiem šādā veidā tika puslīdz regulāri sastādītas veselu planētas puslodi aptverošas termiskās kartes (sk. att.). Izrādījās, ka pēcpusdienā ekvatora tuvumā Marsa virsma sasilst pat līdz +10—20 °C (turpretī gaisa temperatūra, kā izriet no nolaižamo aparātu mērījumiem, nekad nekļūst pozitīva), bet ziemas naktīs pola apkārtnē temperatūra noslīd līdz -130 °C, t. i., līdz ogļskābās gāzes sasalšanas punktam. Tā kā Marss ir temperatūras režīma ziņā daudzveidīga un dinamiska planēta, tā siltuma starojumu paredzēts sistemātiski mērīt arī programmas «Foboss» ietvaros, izmantojot šim mērķim automātiskajās stacijās uzstādītos infrasarkanos radiometrus.

Marsa atmosfēras sastāvs pamatvilcienos un pat daudzās diezgan sīkās detaļās izziņāts jau 70. gados — lielākoties ar maspektrometriem, kas bija uzstādīti «Viking» nolaižamajos aparātos, kā arī pēc spektroskopiskajiem novērojumiem no pavadoņa orbītas vai Zemes. Šo pētījumu gaitā noskaidrots, ka Marsa atmosfēras galvenā sastāvdaļa ir ogļskābā gāze, līdztekus tai konstatēts pa pāris procentiem slāpekļa un argona, aptuveni pa procenta desmitdaļai tvana gāzes un skābekļa, vidēji dažas desmitdaļas procenta ūdens tvaika utt. (2. tab.). Turklāt tvaika



Marsa virsmas termiskā karte (atainota situācija 1976. gada 29. jūnijā) atbilstoši planētas siltuma starojuma mērījumiem ar pavadoņa «Viking-1» infrasarkanā radiometru 18—24 μm diapazonā. Kartē norādītās temperatūras vērtības (kelvini) aprēķinātas provizoriski — pieņemot, ka Marsa gruntij ir tikpat augsta izstarotspēja kā absolūti melnam ķermenim. Faktiskā izstarotspēja dažādos planētas apgabalos un līdz ar to virsmas temperatūras precīzās vērtības — nedaudz augstākas nekā kartē atzīmētās (sk. tekstu) — noteiktas vēlāk, izmantojot siltuma starojuma mērījumus trijos citos radiometra kanālos (visi 6—12,5 μm diapazonā).

daudzums mēdz svārstīties ļoti plašās robežās — atkarībā no vietas un laika tas var būt līdzvērtīgs gan nepilnu 1 μm, gan vesulu 100 μm biežam ūdens slānim. Stipri mainīga izrādījies arī ozona koncentrācija, taču līdz šim iegūtā informācija par šā ķīmiskā savienojuma izplatību Marsa atmosfērā ir diezgan fragmentāra.

Ar maspektrometriju un optisko spektrometriju noskaidrots, ka dažādu izotopu relatīvais daudzums ogleklim un skābeklim uz Marsa ir tāds pats kā uz Zemes, turpretī slāpeklim un argonam — būtiski citāds. Šīs atšķirības liecina, ka Marsa atmosfēra veidojusies un evolucionējusi pavisam citādi kā mūsējā, — piemēram, tās blīvums tālā pagātnē bijis reizes desmit lielāks nekā pašlaik. Lai varētu drošāk spriest arī par Marsa hidrosfēras likteni — cik liela tā kādreiz bijusi un kādēļ izzudusi —, būtu vēl jānoskaidro, kāds izotopiskais sastāvs ir vieglākajam ūdens tvaiku veidojošajam elementam — ūdeņradim.

Marsa atmosfēras sastāvs

A. Ķīmiskais sastāvs

Gāze	Daudzums, tilpuma %	Mērīšanas metode, instrumenta atrašanās vieta
CO ₂	>95	Masspektrometrija («Viking» NA)
N ₂	2,5	Masspektrometrija («Viking» NA)
Ar	1,5*	Masspektrometrija («Viking» NA)
O ₂	0,15	Optiskā spektrometrija (Zeme)
CO	0,1—0,4	Masspektrometrija («Viking» NA)
H ₂ O	0,1	Infrasarkanā spektrometrija (Zeme)
	0,002—0,2**	Infrasarkanā spektrometrija (Zeme, «Marss-3, -5» OA un «Viking» OA)
Kr	3 · 10 ⁻⁵	Masspektrometrija («Viking» NA)
Xe	8 · 10 ⁻⁶	Masspektrometrija («Viking» NA)
O ₃	~ 10 ^{-6**}	Masspektrometrija («Viking» NA) Ultravioletā spektrometrija («Mariner-9» un «Marss-5» OA)

* Augšējā robeža, kas noteikta ar rentgenfluorescences spektrometriju («Viking» NA), ir 3% un tādējādi apstiprina šeit norādīto vērtību, nevis dažkārt pieminēto vērtību 35±15%, kas iegūta ar nefišāku metodi («Marss-6» NA).

** Mainās atkarībā no vietas un laika.

B. Izotopiskais sastāvs

Salīdzin. izotopi	Daudzuma atliecība	Mērīšanas metode, instrumenta atrašanās vieta
¹³ C, ¹² C	0,012	} Optiskā spektrometrija (Zeme) un } masspektrometrija («Viking» NA) } Masspektrometrija («Viking» NA)
¹⁸ O, ¹⁶ O	~0,006	
¹⁵ N, ¹⁴ N	0,0019	
³⁶ Ar, ⁴⁰ Ar	~0,0007	

Šis raksturlielums noteikts gan Venērai (tiešos mērījumos ar «Pioneer-Venus-2» masspektrometriem), gan Jupiteram un Saturnam, gan pat tā pavadoņiem Titānam (spektroskopiskos novērojumos no Zemes un kosmiskajiem aparātiem «Voyager»), taču par Marsu analogisku ziņu šobrīd vēl nav.

Marsa atmosfēras vertikālā struktūra pagaidām visvairāk pētīta ar radiocaurstarošanas metodi, kura augstvērtīgā tehniskajā izpildījumā ļauj pēc atmosfēras slāņu ietekmes uz radiosignāliem samērā precīzi novērtēt gan spiediena, gan temperatūras vērtības šajos slāņos. Šādā veidā

70. gados ar pavadoņiem «Mariner-9», «Viking-1» un «Viking-2» iegūti daži tūkstoši atmosfēras vertikālo profilu dažādās vietās, gadalaikos un dienakts stundās. Temperatūras atkarība no augstuma bez tam daudzkārt vērtēta pēc detalizētiem ogļskābās gāzes spektra joslu novērojumiem, kas tika izdarīti ar «Mariner-9» infrasarkanā interferences spektrometru. Visbeidzot, gan spiediens, gan temperatūra, gan galveno gāzu koncentrācija dažādā augstumā noteikta vistiesākajā veidā ar «Viking» nolaižamo aparātu instrumentiem leņķu ceļā uz planētas virsmu. Tomēr šiem tiesajiem mērījumiem, pirmkārt, dažos augstuma intervālos

ir tehnisku apstākļu diktēti pārtraukumi, otrkārt, tie attiecas tikai uz divām planētas vietām praktiski vienā un tajā pašā gadalaikā un diennakts stundā.

Lai vērtētu Marsa atmosfēras vertikālo struktūru, noteiktu ūdens tvaika, skābekļa un ozona koncentrāciju un ūdeņraža izotopisko sastāvu, automātisko staciju «Foboss» zinātniskajā ekipējumā ietverti speciāli šim mērķim domāti optiskie instrumenti — ultravioletie fotometri, kuru jutības kanāli sakrīt ar attiecīgo gāzu spektra joslām. Atšķirībā no pavadona «Mariner-9» ultravioletā spektrometra un pavadona «Marss-5» ultravioletā fotometra, kuri reģistrēja planētas atstaroto (vai atmosfēras izstaroto) gaismu, šie instrumenti pētniecības seansu laikā būs orientēti tā, lai uzvertu cauri atmosfērai spīdošo Saules gaismu.

Marsa jonosfēras struktūra pagaidām pētīta lielākoties ar radiocaurstarošanas metodi — pēc radioviļņu lāzes nobīdes nosakot elektronu koncentrāciju signāla šķērsotajā apgabalā. Šādā veidā 70. gados, izmantojot galvenokārt pavadonņus «Mariner-9», «Viking-1» un «Viking-2» radioaparāturu, iegūti daži tūkstoši jonosfēras vertikālo profilu dažādām planētas apgaismotās puslodes vietām. Ar garām lidojošo automātisko staciju «Marss-4», lietojot zemākas frekvences radioviļņus, izdevies konstatēt arī daudz vājāko nakts puslodes jonosfēru (reģistrēts viens profils). Šo pētījumu gaitā noskaidrots, ka vietējā pēcpusdienā galvenais jonizācijas maksimums atrodas 145 km augstumā un dažkārt sasniedz $\sim 1,5 \cdot 10^3$ elektronu/cm³, bet naktī nolaižas līdz 110 km augstumam un pavājinās līdz $\sim 5 \cdot 10^3$ elektronu/cm³. Divos gadījumos — ar jonosfērai cauri lidojošajiem «Viking» nolaižamajiem aparātiem — visbiežākajā veidā izmērīta jonu masa, enerģija un daudzums virs dienas puslodes. (Venēras jonosfērā šāds pētījums veikts daudzkārt — pavadonim «Pioneer-Venus-1» ik apriņķojumā nolaižoties līdz nepilnu 150 km augstumam virs planētas.) Izrādījies, ka Marsa jonosfērā, tāpat kā analogiskajā Zemes atmosfēras veidojumā, dominējošais jons ir skābeklis.

Programmā «Foboss» paredzēts pirmo reizi starplanētu lidojumu praksē pētīt jonosfēru ar aktīvu metodi — zondēt to no augšas ar radio-

lokaforu, furklāt uzreiz vairākās frekvencēs. Tā kā plazmas spēja atstarot dažādas frekvences radioviļņus atkarīga no elektronu koncentrācijas tajā, šādā veidā būs iespējams vērtēt jonosfēras vertikālo struktūru — tiesa, gan tikai virs jonizācijas maksimuma. Ar radiolokāciju šādas ziņas katrā apriņķojumā būs iespējams iegūt par daudziem planētas punktiem, turpretī ar radiocaurstarošanu to varēja izdarīt tikai divos punktos.

Marsa magnetosfēras uzbūve pētīta, ar tiešiem paņēmieniem mērot magnētiskā lauka un plazmas raksturlielumus planētas tuvākajā apkārtnē. Dati, kas iegūti 70. gadu pirmajā pusē ar pavadoniem «Marss-2», «Marss-3» un «Marss-5», liecina, ka šis veidojums ir neliels: virs dienas puslodes tā robeža ir tikai pāris tūkstošu, virs nakts puslodes — pārdesmit tūkstošu kilometru no planētas virsmas. Tā kā minētie pavadoni bija ievadīti orbītās, kuras atradās lielākoties ārpus šīs visai niecīgās magnetosfēras, un darbojās neilgu laiku, par Marsa magnētisko lauku savāktās ziņas ir stipri skopas un vēl neļauj pilnīgi droši izsecināt tā izcelsmi. Vairākums pētnieku uzskata, ka Marsam piemīt pašam savs (nevis Saules vēja inducēts) magnētiskais lauks, kuram uz planētas virsmas ir dažus simtus reizu mazāka intensitāte nekā Zemes magnētiskajam laukam.

Lai varētu veikt šādus mērījumus lielākā skaitā un augstākā kvalitātē, katrā automātiskajā stacijā «Foboss» ir divi identiski magnetometri un plazmas analīzes komplekss, kurš pēc reģistrējamo raksturlielumu loka un citiem parametriem būtiski pārspēj automātiskajās stacijās «Marss» uzstādītos elektriski lādēto sīkdaļiņu detektorus. Bez tam ar jaunajiem kosmiskajiem aparātiem tiks pirmo reizi aizgādāti uz Marsa apkārtni plazmas viļņu analizatori, ar kuriem varēs noteikt plazmas elektrisko svārstību raksturlielumus un tādējādi gūt diezgan tiešus datus par Saules vēja mijiedarbību ar Marsa magnetosfēru un jonosfēru. (Šādi mērījumi veikti Venēras apkārtnē ar pavadoni «Pioneer-Venus-1», Jupitera, Saturna un Urāna apkārtnē — ar garām lidojošajām automātiskajām stacijām «Voyager».)

Tādējādi automātisko starplanētu staciju «Foboss» lidojums, ja tas būs veiksmīgs, ļaus būtiski pavirzīties uz priekšu vairākās svarīgās Marsa izpētes jomās.

Pēdējā brīdī. Tā kā sakari ar automātisko staciju «Foboss-1» ceļā uz Marsu pārtrūkuši (1988. gada 1. septembrī), bet automatiskajai stacijai «Foboss-2» trīs tālzondešanas instrumenti

tika noņemti, lai varētu uzstādīt vēl otru nolaižamo aparātu, dažus programmā «Foboss» paredzētos pētījumus nebūs iespējams veikt.

E. M ū k i n s

KOSMOSA APGŪŠANAS JURIDISKIE ASPEKTI

Ar pirmā Zemes mākslīgā pavadoņa (ZMP) palaišanu 1957. gada 4. oktobrī sākās kosmosa izpētes un apgūšanas ēra. Trīsdesmit gados sasniegti izcili panākumi šajā jomā. Kosmosa apgūšana ir visai specifiska cilvēces darbības sfēra: no vienas puses, tā paver ļoti lielas iespējas progresam, bet, no otras puses, var būt cēlonis lielām nelaimēm, — viss atkarīgs no tā, kā tiek izmantoti kosmonautikas sasniegumi. Tādēļ līdz ar kosmosa ēras sākšanos radās nepieciešamība pēc jaunas starptautisko tiesību nozares — kosmosa tiesībām.

Padomju Savienība bija iniciatore starptautiskiem nolīgumiem, kuri regulē valstu darbību kosmosa izpētē un apgūšanā. Pirmoreiz par to runāts 1958. gada 15. marta padomju valdības paziņojumā, kas tika iesniegts apspriešanai Apvienoto Nāciju Organizācijas Ģenerālās asamblejas 13. sesijai.

1958. gada decembrī ANO Ģenerālā asambleja izveidoja Speciālo komiteju kosmiskās telpas mierīgai izmantošanai, bet tā nebija darbaspējīga. Tāpēc 1959. gadā tās vietā tika radīta ANO Komiteja kosmiskās telpas izmantošanai. Sākumā tajā ietilpa 24 valstis, bet 1961. gadā komiteja tika paplašināta līdz 28 valstīm. ANO Ģenerālās asamblejas 14. un 16. sesijas rezolūcijas noteica šīs tā sauktās Kosmosa komitejas kompetenci. Komiteja ir Ģenerālās asamblejas palīgorgāns un sastāv no divām apakškomitejām — Juridiskās un Zinātniski tehniskās. Pēc vajadzības var izveidot darba grupas.

Kosmosa komitejas pirmajā sesijā 1962. gadā tika apstiprināti tās darbības principi, no kuriem svarīgākais bija noteikums, ka komitejas lēmumi tiek pieņemti ar consensus principu, t. i., pēc visu komitejas locekļu vienošanās bez balsošanas, lai būtu izslēgta iespēja uzspiest lēmumus ar «mehānisko vairākumu».

Kosmosa tiesību vēsturi var iedalīt divos pos-

mos — robeža starp tiem ir 1967. gada 27. janvārī noslēgtais Līgums par valstu darbības principiem kosmiskās telpas izpētē un izmantošanā (turpmāk saukts — Līgums par kosmosu). Sākumposmā tika pieņemtas vairākas ANO Ģenerālās asamblejas rezolūcijas par kosmosa izmantošanu.

Pirmo no tām pieņēma 1961. gadā, un tajā pasludināja galvenos kosmosa pētīšanas principus:

— kosmosa pētīšana un izmantošana notiek visas cilvēces labā;

— kosmosā un uz debess ķermeņiem ir spēkā starptautiskās tiesības, to vidū ANO statūti;

— kosmiskā telpa un debess ķermeņi nevar tikt nacionāli pievienoti vai okupēti.

Vēlāk pieņēma vēl citas rezolūcijas, kuras postulēja:

— valstu darbībai kosmosa pētniecībā un apgūšanā jāveicina starptautiskais miers, drošība, sadarbība un savstarpēja saprašanās;

— valstis saglabā jurisdikciju un kontroli par kosmosā palaistajiem lidaparātiem un to aprakpēm, kamēr tie atrodas kosmosā.

Šiem nolikumiem bija rekomendāciju raksturs, tāpēc tajos fiksētie principi bija galīgi jānostiprina starptautisku līgumu veidā. Šāda līguma projektu iesniedza Padomju Savienība 1966. gada 17. jūnijā, un pēc saskaņošanas Juridiskajā apakškomitejā to 19. decembrī pieņēma ANO Ģenerālā asambleja. 1967. gada 27. janvārī līgums tika atklāts parakstīšanai Maskavā, Londonā un Vašingtonā, un 1967. gada 10. oktobrī tas stājās spēkā.

Nākamais solis bija 1968. gada līgums par palīdzības sniegšanu kosmonautiem avārijas gadījumā, kosmonautu un kosmisko lidaparātu nodošanu pēc piederības. Vēlāk pieņēma konvenciju, kas paredz starptautisko atbildību par kosmisko lidaparātu nodarīto postu, konvenciju

par kosmosā palaižamo objektu reģistrāciju, līgumu par principiem valstu darbībai uz Mēness un citiem debess ķermeņiem, u. c.

Aplūkosim atsevišķus kosmosa tiesību aspektus.

KOSMISKĀS TELPAS JĒDZIENS

Visos minētajos līgumos un konvencijās, kā arī citos līgumos starp atsevišķām valstīm figurē jēdziens «kosmiskā telpa». Neraugoties uz šā termina biežo lietojumu starptautiskajās kosmosa tiesībās, joprojām nav precīzas jēdziena «kosmiskā telpa» definīcijas. Kosmosa tiesību speciālisti nav varējuši vienoties par to, kur ir kosmiskās telpas un līdz ar to kosmosa tiesību normu darbības robeža. Parasti par kosmisko telpu zinātnieki uzskata telpu aiz Zemes atmosfēras. Taču nav skaidrs, kur īsti pastāv robeža starp tām. Piemēram, Starptautiskā aviācijas federācija par kosmiskajiem lidojumiem nosacīti uzskata lidojumus vairāk nekā 100 km augstumā. Tomēr šajā jautājumā ir vajadzīga pilnīga skaidrība.

Visu valstu likumos ir noteikta pilna suverenitāte uz attiecīgo gaisa telpu, bet attiecībā uz kosmisko telpu valda divas galvenās koncepcijas. Vieni uzskata, ka nepieciešama kosmiskās telpas definīcija. Jānosaka gaisa tiesību un kosmosa tiesību darbības robežas, jo parādās lidaparāti (piemēram, «Shuttle» tipa kosmosa kuģi), kuri spēj lidot atmosfērā ne tikai vertikāli, bet arī horizontāli. Līgums par kosmosu aizliedz izvietot kosmiskajā telpā kodolieročus un citus masu iznīcināšanas līdzekļus. Te arī rodas jautājums, sākot no kāda augstuma šie ieroči uzskatāmi par kosmiskajā telpā esošiem.

Pie otras koncepcijas pieturas galvenokārt amerikāņu juristi, un tā kosmosa tiesībās ieguvusi nosaukumu «funkcionālā teorija». Šā novirziena piekritējus neinteresē, kur ir robeža starp kosmosu un gaisa telpu, viņi liek priekšā risināt problēmu nevis pēc darbības vietas, bet pēc darbības veida.

Savukārt, citi uzskata, ka kosmiskās telpas definīcijas trūkums nav kavējis valstis darbo-

ties kosmosā un ka kosmosa tiesības ar pārnākumiem attīstās arī bez šādas demarkācijas.

Tomēr jāatzīst, ka gaisa telpas un kosmosa robežas noteikti ir jānosaka.

KOSMISKĀS TELPAS, KOSMOSĀ PALAISTO OBJEKTU, KOSMONAUTU, DEBESS ĶERMEŅU UN TO RESURSU JURIDISKAIS PAMATS

Kosmosa tiesības nosaka kosmosa, kā arī debess ķermeņu tiesisko režīmu. Tiesību un pienākumu subjekti jeb to nesēji pirmām kārtām ir valstis un zināmos gadījumos — starptautiskas organizācijas.

Kosmiskās telpas juridiskais statuss paredz, ka uz šo telpu netiek izplatīta nevienas valsts suverenitāte; tā ir atklāta jeb brīva visām valstīm pētīšanai un izmantošanai. Turpretī kopš pirmā ZMP palaišanas izveidojies vispārpieņemts princips, ka valsts suverēnās tiesības saglabājas uz ikvienu ZMP, kas palaists orbītā, lai arī tas atrodas aiz valsts robežām.

Atbilstoši Līgumam par kosmosu, Mēness un citi debess ķermeņi pieder visai cilvēcei un nevar būt nacionālas pievienošanas vai okupācijas objekti. Tos drīkst apmeklēt ikviena valsts. Jebkurā vietā uz Mēness virsmas vai tā dzīlēs var veikt zinātnisko pētniecību. Līgums reglamentē šīs pētniecības kārtību. Valstīm jādarbojas tā, lai neradītu traucējumus citu valstu darbībai. Izveidojot stacijas, gan apdzīvojamas, gan neapdzīvojamas, var izmantot tikai tik plašu teritoriju, cik nepieciešams stacijas darbības nodrošināšanai. Iespējams uz ilggu laiku izdalīt papildu zonas bīstamu eksperimentu veikšanai. Saskaņā ar 1979. gada nolīgumu, valstis saglabā jurisdikciju un kontroli par savām stacijām un citiem objektiem uz Mēness. Tas nozīmē, ka tikai tā valsts, kuras jurisdikcijā ir attiecīgais objekts, ir tiesīga vadīt un kontrolēt tā darbību.

Par darbību kosmosā tiek uzskatīta dažādu cilvēka radītu objektu izvietošana orbītā ap Zemi, starpplanētu telpā, uz Mēness un citiem debess ķermeņiem. Ar to tiek saprasta arī dar-

bība uz Zemes, kas saistīta ar objektu palaišanu kosmosā, to vadīšanu un atgādāšanu uz Zemes. Attiecībā uz lidaparāta neveiksmīgu palaišanu, t. i., mēģinājumu to ievadīt kosmosā, vai ar šo kļūmi saistīto darbību kosmosa apgūšanā jurisprudencē nav vienotības. Padomju doktrīna uzskata, ka kosmosa tiesībām jāregulē valstu darbība kosmosa apgūšanā neatkarīgi no darbības realizācijas vietas.

Līdz ar jebkura kosmiskā objekta palaišanu orbītā izveidojas starptautiski tiesiskās attiecības, kuras turpinās, līdz šis objekts ir atgriezies uz Zemes vai nolaižoties sadedzis. Saskaņā ar 1975. gada konvenciju par kosmosā palaisto objektu reģistrāciju, valstis nosūta ANO ģenerālsekrētam informāciju ne tikai par palaistajiem objektiem, bet arī par tiem, kuri beigusi riņķot orbītā ap Zemi. Kosmiskos objektus reģistrē palaidēja valsts tikai pēc to nonākšanas orbītā ap Zemi vai tālāk kosmiskajā telpā. Ģeofizikālās raķetes, lai gan tās lido ZMP orbītu līmenī, netiek reģistrētas kā kosmiskie objekti.

Katrs objekts var būt iekļauts tikai vienas valsts reģistrā. Ja ir divas vai vairākas palaidējas valstis, tās vienojas, kura no tām šo objektu reģistrēs. Tā, piemēram, programmas «Interkosmos» ietvaros kosmiskos objektus, kurus izgatavo un palaiž no PSRS teritorijas ar padomju raķetēm, reģistrē Padomju Savienība. Ja šīs programmas ietvaros tiek palaisti citu valstu izgatavoti kosmiskie objekti, tad tos reģistrē attiecīgās valstis. Eiropas kosmonautikas pārvaldes pavadoņus reģistrē Francija.

Kosmosa tiesību normas stājas spēkā tikai pēc attiecīgā kosmiskā objekta reģistrācijas. Reģistrētāja valsts saglabā jurisdikciju un kontroli pār kosmisko objektu un tā apkalpi visu laiku, kamēr tas atrodas kosmiskajā telpā (ar to saprotot arī debess ķermeņus). Tātad šīs jurisdikcijas realizācija saistīta nevis ar objekta nacionālo piederību un tā apkalpes pavalstniecību, bet gan ar objekta reģistrāciju noteiktā valstī.

Starptautiskajās kosmosa tiesībās nav īpaši definēts jēdziens «kosmonauts». Tiek lietoti dažādi termini — kosmonauts, astronauts, apkalpe, apkalpes loceklis, personāls, militārais personāls, pārstāvji, ekspedīcija, cilvēks. Tomēr tas nenozīmē, ka kosmosa tiesības nosaka atšķi-

rības viņu juridiskajā statusā atkarībā no izpildāmajām funkcijām. Pretstatā jūras un gaisa tiesībām, kas paredz atšķirības starp apkalpi un pasažieriem, kosmosa jurisprudencē tādas atšķirības šobrīd nav paredzētas. Tas, protams, nenozīmē, ka valstu iekšējā likumdošana nevar sadalīt apkalpes tiesības un pienākumus un piešķirt komandierim īpašas tiesības. Padomju Savienībā pašreiz ir trīs amatī kosmosa kuģu apkalpju sastāvā — kuģa komandieris, bortinženieris un kosmonauts pētnieks.

Nolīgumā par Mēnesi un citiem debess ķermeņiem tika izveidots šo kosmisko objektu izpētes juridiskais pamats. Svarīga vieta nolīgumā ir tā sauktajam apmeklēšanas principam, saskaņā ar kuru visas stacijas, iekārtas un kosmosa kuģi uz Mēness un citiem debess ķermeņiem ir atvērti citu valstu pārstāvjiem, tikai tiem laikus jābrīdina par plānoto apmeklējumu, lai varētu veikt nepieciešamās konsultācijas un drošības pasākumus. Apmeklējuma mērķis var būt pārbaudīt, vai stacijas darbība atbilst šā nolīguma principiem. Jebkura valsts var darboties gan patstāvīgi, gan arī ar citu valstu daļēju vai pilnīgu līdzdalību, bet tikai nolīguma ietvaros. Apmeklējuma laiku un apstākļus var noteikt tikai tā valsts, kuras jurisdikcijā atrodas attiecīgais kosmiskais objekts. Izņēmums ir patvēruma meklēšana stacijā nelaimes gadījuma vai kosmonauta slimības dēļ.

Jebkurai valstij ir tiesības vākt uz Mēness minerālu un citu vielu paraugus un izvest tos. Paraugi paliek šīs valsts rīcībā un var tikt izmantoti zinātniskiem nolūkiem. Vielas var izmantot, lai nodrošinātu ekspedīcijas darbību. Nolīgums paredz regulēt dabas bagātību ekspluatāciju, kad tāda nākotnē kļūs tehniski iespējama.

KOSMISKO LIDOJUMU DROŠĪBA UN PILOTĒJAMO OBJEKTU NODOŠANA PĒC PIEDERĪBAS

Lai gādātu par kosmisko lidojumu drošību, jāveic dažādi gan nacionāli, gan starptautiski pasākumi: jānovērš kosmiskās telpas piesārņo-

šana, jānodrošina sakaru normāla funkcionēšana, kosmiskajā telpā jāizdala speciālas drošības zonas, jānovērš iejaukšanās citu valstu kosmisko objektu darbībā, jāgarantē savstarpēja palīdzība un glābšana avārijas situācijās.

Līguma par kosmosu dalībvalstīs uzņēmušās saistības nekavējoties informēt cita citu un ANO ģenerāļsekretāru par jaunatklātām parādībām kosmosā, kuras var būt bīstamas kosmonautu veselībai vai dzīvībai. Pie tādām parādībām pieder arī Saules uzliesmojumi un ar tiem saistītās radiācijas stāvokļa izmaiņas kosmosā.

Visai detalizēti izstrādāti jautājumi par palīdzību kosmonautiem avārijas gadījumā. Ja avārijas vai citas nelaimes dēļ kosmosa kuģis nolaižas svešas valsts teritorijā, šīs valsts pienākums ir garantēt drošību kuģa apkalpei un nogādāt to, kā arī pašu kosmosa kuģi valstij, kurā kosmosa kuģis reģistrēts. Tātad arī starptautiska apkalpe ir jānodod nevis pēc atsevišķu tās locekļu pavalstniecības, bet gan pilnā sastāvā reģistrētajai valstij.

Ja valstij, kuras teritorijā nonākusi avarējušā apkalpe, nav pietiekamu tehnisko līdzekļu glābšanas darbiem, tos var veikt ar citu valstu palīdzību. Tomēr arī tad glābšanas operācijas kontrolē tā valsts, kuras teritorijā tās notiek. Attiecībā uz kompensāciju sakarā ar izdevumiem kosmonautu glābšanai un to nodošanai pēc piederības nekādu domstarpību nav. Visas valstis atzīst, ka humāni apsvērumi un starptautiskās sadarbības principi neļauj kosmonautu glābšanu saistīt ar finansiālām pretenzijām.

Pretstatā noteikumiem par kosmonautu glābšanu nepilotējami kosmiskie objekti vai to sastāvdaļas tiek glābtas un nodotas pēc piederības tikai pēc palaišanas valsts lūguma un uz tās rēķina.

VALSTU ATBILDĪBA PAR PILOTĒJAMO KOSMISKO OBJEKTU APKALPJU DARBĪBU

Attīstoties pilotējamiem kosmiskajiem lidojumiem, vajadzēja reglamentēt valstu atbildību par cilvēka darbību kosmosā. Padomju dok-

trīna paredz divas starptautiskās atbildības formas par nelikumīgu darbību — politisku un materiālu.

No starptautisko tiesību viedokļa, nekādas problēmas par valsts atbildību nerodas, ja kosmonauti atrodas valsts dienestā. Valsts atbild par likumu pārkāpumiem, ko veikusi tās orgāni un amatpersonas, darbodamies oficiāli, bet ne privātā kārtā. Tomēr, attīstoties kosmonautikai, kosmiskajā darbībā arvien vairāk iesaistās privātas firmas un to darbinieki. Sakarā ar kopējām starptautiskajām tiesībām, valsts nenes atbildību par šādu privātu juridisku un fizisku personu darbību. Tas tomēr nenozīmē, ka valstis nevar tādu atbildību uzņemt. Atbilstoši Līgumam par kosmosu, valsts uzņemas starptautisku atbildību par jebkuru nacionālo darbību kosmosā (ar to saprotot arī Mēnesi un citus debess ķermeņus) neatkarīgi no tā, vai to veic valdības iestādes vai privātpersonas un privātuzņēmumi. Privātpersonu un privātuzņēmumu darbība kosmiskajā telpā notiek tikai ar attiecīgās valsts atļauju un tās kontrolē. Tā ir kosmosa tiesību specifika.

Valsts atbildība par pretlikumīgu kosmiskā objekta personāla darbību paredz vainīgo personu saukšanu pie administratīvās, kriminālās vai civiltatbildības atbilstoši nacionālajiem likumiem. Administratīvais vai kriminālais sods neatbrīvo no materiālās atbildības. Par kosmiskā lidojuma drošību un pieņemto normu un likumu izpildi atbild kosmosa kuģa komandieris. Komandierim un apkalpes locekļiem obligāti jāievēro lidojuma vadības centra norādījumi.

Jautājums par valstu atbildību radās arī sakarā ar konkrētu darbību — Zemes zondēšanu no orbītas, tiešo radio un televīzijas raidījumu organizēšanu, ģeostacionārās orbītas izmantošanu. Šādas darbības principi vēl nav pilnībā izstrādāti.

Pirmā no minētajām problēmām ir ļoti aktuāla jaunattīstības valstīm. Nekontrolējama zondēšanas datu izplatīšana, ko ASV gatavoja atļaut privātkompānijām, var ļoti traucēt šo valstu ekonomikai. Padomju Savienība liek priekšā tādu noteikumu, ka augstas izšķirtspējas zondēšanas dati par citas valsts teritoriju var tikt nodoti trešajām valstīm tikai ar zondējamās valsts atļauju.

Līdzīga problēma radās par tiešo televīzijas translāciju ar pavadoņu starpniecību. Jau 1972. gadā Padomju valdība iesniedza ANO Ģenerālajai asamblejai konvencijas projektu par pavadoņu izmantošanu tiešajai televīzijas translācijai. Atbilstoši šim projektam, valsts var realizēt translāciju citām valstīm tikai ar to atļauju. Vienlaikus tiek regulēts televīzijas programmu saturs, lai «izslēgtu materiālus, kuri propagandē kara idejas, militārismu, nacismu, nacionālo un rasu naidu, kā arī materiālus, kuri ir amorāls, provocējošs raksturs vai kuri citādi iejaucas valstu iekšējās lietās vai to ārpolitikā». Tomēr konvencija šajā jautājumā nav noslēgta, jo ASV un vairākas citas valstis attiecībā pret tiešās televīzijas translācijas regulēšanu ieņem negatīvu pozīciju. Šajā jautājumā 1982. gadā tika pieņemta ANO Ģenerālās asamblejas rezolūcija, kurai ir rekomendējošs raksturs.

Sakarā ar tiešo televīzijas translāciju izvirzījās arī jautājums par ģeostacionārās orbītas izmantošanu. Šī orbīta ir ierobežots dabas resurss, un tajā var izvietot tikai ierobežotu skaitu Zemes mākslīgo pavadoņu. Ekvatoriālās valstis Kolumbija, Kongo, Ekvadora, Indonēzija, Kenija, Uganda un Zaira 1976. gadā izteica savas pretenzijas uz atsevišķiem ģeostacionārās orbītas segmentiem. Tās apgalvoja, ka šī orbīta ir fizikāls faktors, kas saistīts ar Zemi un tās gravitācijas lauku, un tāpēc attiecīgie orbītu segmenti ir teritorijas turpinājums. Šo valstu pozīcija tika kritizēta ANO Kosmosa komitejā. Padomju Savienība uzskata, ka kosmiskās telpas daļa, kurā atrodas ģeostacionāro pavadoņu orbītas, ir visas kosmiskās telpas neatņemama sastāvdaļa un uz to attiecas Līguma par kosmosu principi — arī tas, ka kosmiskā telpa nekādā veidā nevar tikt nacionāli piesavināta. Visām valstīm ir vienādas tiesības izmantot kosmisko telpu ģeostacionāriem pavadoņiem.

APKĀRTĒJĀS VIDES AIZSARDZĪBA

Apkārtējās vides aizsardzības problēma ietver sevī gan dabas resursu saglabāšanu, gan to racionālu izmantošanu. Kosmosa tehnika paver unikālas iespējas dabas resursu globālai

pētīšanai. Savukārt, paši kosmiskie lidojumi var būt apkārtējās vides piesārņošanas cēlonis. Ar vides piesārņošanu parasti saprot mākslīgu (apzinātu vai neapzinātu) toksisko vielu vai citu elementu, materiālu vai enerģijas ienesanu vidē tādos daudzumos, kuri pārsniedz vides dabiskās spējas tos neitralizēt. Apkārtējā vide tiek apzināti piesārņota, ja eksperimenta gaitā apzināti tiek ienesti kosmosā kādi materiāli vai vielas. Kā piemēru var minēt amerikāņu projektu «West Ford», kura mērķis bija izveidot orbītā joslu no vara adatiņām, lai pētītu superlāos radiosakarus. Šis projekts izraisīja negatīvu reakciju daudzu valstu valdībās, zinātniskajās un sabiedriskajās organizācijās un tika atcelts.

Par apzinātu apkārtējās vides piesārņošanu var uzskatīt arī kodolieroču izmēģināšanu kosmosā. Tās novēršanai svarīgs solis bija 1963. gada Maskavas līgums par kodolieroču izmēģinājumu aizliegšanu atmosfērā, kosmiskajā telpā un zem ūdens.

Apzināti vide var tikt piesārņota, nogādājot no kosmosa uz Zemi dažādus materiālus un enerģiju. Ļoti nopietnas sekas var radīt ārpuszemes organismi. Tāpēc jau kopš pirmajiem kosmiskajiem lidojumiem tika veikta piezēmuju kosmosa kuģu karantīna un dezinfekcija. Tomēr «Apollo» programmas laikā NASA nonāca pie secinājuma, ka uz Mēness nekādu inficējošu materiālu nav, un pārtrauca visus karantīnas pasākumus. Šis lēmums tika pieņemts vienpusēji, bez konsultācijām ar citām ieinteresētajām valstīm. Acīmredzot ir nepieciešams izstrādāt vienotas starptautiskas normas un kārtību apkārtējās vides un kosmiskās telpas aizsargāšanā no bioloģiskās piesārņošanas.

Visvairāk kosmosā tiek piesārņots parasto kosmisko lidojumu rezultātā. Orbītās ap Zemi arvien pieaug savu laiku nokalpojušo ZMP skaits, kā arī nesējraķešu detaļu un citu atkritumu daudzums. Tas rada visai nopietnas problēmas kosmisko lidojumu drošībai.

Viens no piesārņošanas cēloņiem var būt kodolenerģijas avotu izmantošana kosmosā. Ja avarē ZMP, kuram ir šāds enerģijas avots, sekas var būt daudz bīstamākas nekā pēc parastu kosmisko objektu avārijas. Pašreiz spēkā esošās starptautisko tiesību normas tomēr nekādi neie-

robežo kodolenerģijas avotu izmantošanu kosmosā.

Parasto kosmosa kuģu starti notiek nacionālo teritoriju ietvaros, un šādu startu kārtību regulē nacionālie likumi un normas. Citādi ir daudzkārt izmantojami kosmosa kuģiem. Stājoties pie šā tipa kuģu izstrādāšanas, NASA apgalvoja, ka tie nekādas ekoloģiskas problēmas neradīs. Tomēr izrādījās, ka, startējot un atgriežoties uz Zemi, rodas skaņas triecienvilnis, kuram var būt visai bīstamas bioloģiskas sekas. Bez tam pirmās pakāpes dzinēju degvielas degšanas produkti kaitīgi ietekmē atmosfēru. Ar katru startu atmosfērā tiek izmests ap 100 t metālisku daļiņu, to vidū alumīnija oksīds. Sasniedzot gadā plānoto startu skaitu, atmosfērā var uzkrāties līdz 1000 t daļiņu, kas ievērojami maina atmosfēras atstarojošās īpašības un var izjaukt siltuma bilanci. Šie degšanas produkti

turklāt samazina atmosfēras ozona slāni. Pagaidām enerģētiski līdzvērtīga nekaitīga degviela pirmajai pakāpei nav atrasta.

Svarīga nozīme ir ne tikai Zemes, bet arī debess ķermeņu vides aizsardzībai. Saskaņā ar Līgumu par kosmosu, valstīm jāveic nepieciešamie pasākumi, lai novērstu potenciāli bīstamu eksperimentu sekas. Nolīgums par Mēnesi un citiem debess ķermeņiem paredz pasākumus, lai neievazātu Mēness vidē kaitīgas vielas, materiālus un baktērijas. Valstīm jāinformē ANO ģenerālsekretārs par radioaktīvo vielu izmantošanu un izvietošanu uz Mēness un par šādas izvietošanas mērķiem.

Kā šeit minētais liecina, kosmiskās telpas un debess ķermeņu vides aizsardzībā šis tas jau ir veikts, tomēr nepieciešama tālāka juridiska regulēšana šajā jomā.

J. I. Straume



KĀ PLŪTONS TIKA PIE NOSAUKUMA

Astronomijas vēstures apcerējumos sīki izklāstīts, kā amerikāņu astronoms Persivals Lovels nonāca pie savas hipotēzes, ka aiz Neptūna jābūt vēl vienai pie Saules sistēmas piederošai planētai, un kā četrpadsmit gadu pēc Lovela mūža beigām, 1930. gada 18. februārī, cits amerikāņu astronoms — Klaidis Tombo — to patiešām atklāja. Taču vēl nesen nebija noskaidrots, kas īsti devis tālajai planētai nosaukumu Plūtons. Pirms dažiem gadiem angļu pētnieks, kādreizējais Britu astronomijas asociācijas prezidents Petriks Mūrs žurnālā «Sky and Telescope» publicēja rakstu par šo jautājumu.

Mūsdienās jaunatklātiem Visuma objektiem nosaukumus oficiāli piešķir Starptautiskā astronomijas savienība, bet tolaik šāda tradīcija vēl nebija iedibināta. Jaunās planētas vārdu pienācās izvēlēties Lovela observatorijai.

Bija jāturpina sensenā tradīcija dot planētām mitoloģiskas cilmes nosaukumus. Merkurs, Venēra, Geja, Marss, Jupiters un Saturns tā tika dēvēti jau antīkajos laikos. Vēlāk sekoja Urāns (Saturna tēvs) un Neptūns (Jupitera brālis).

Persivala Lovela atraitne Konstansa Lovela lika priekšā trīs nosaukumus — Zevs, Konstansa un Lovels —, taču tie atbalstu neguva. No Lovela observatorijas personāla nāca šādi priekšlikumi: Minerva, Odīns, Persefone, Erebs, Atlants, Prometejs, Kosmoss, Atēna, Herkules, Hēra, Ikars, Freija. Daudzi no pazīstamākajiem mitoloģijā sastopamajiem vārdiem jau bija doti asteroīdiem, brīvu sieviešu vārdu tikpat kā vairs nebija krājumā, palika tikai vīriešu vārdi, kuri bija rezervēti objektiem ar neparastām orbītām.

Angļu avīzēs ziņa par jaunās planētas atklāšanu parādījās 1930. gada 14. martā. Tajā pašā dienā Oksfordas universitātes profesors H. Tērners saņēma vēstuli no F. Medena (viņa vecākais brālis, Ītonas koledžas pārzinis H. Medens, 1877. gadā bija ierosinājis flikko atklātos divus

Marsa pavadoņus nosaukt par Fobosu un Deimosu). F. Medens rakstīja, ka, brokastis ēdot, viņi sākuši pārdomāt, kādu vārdu gan varētu dot šai tumšajai un drūmajai planētai, un tad viņa 11 gadus vecā mazmeita Veniša Bērniņa likusi priekšā vārdu Plūtons. Plūtons sengrieķu mitoloģijā bija pazemes valsts valdnieks.

Mazā Veniša skolā bija pamatīgi apguvusi seno grieķu un romiešu mitoloģiju, par ko viņai bija ļoti tēlaini priekšstafi; viņa zināja arī, kādi atstatumi ir starp Saules sistēmas planētām, tālab varēja uzreiz likt priekšā tik trāpīgu nosaukumu.

Profesors Tērners, 15. martā saņēmis abas vēstules, atzina Venišas priekšlikumu par labu un tūlīt nosūtīja telegrammu uz Lovela observatoriju Flagstāfā Arizonas štatā: «DODOT NOSAUKUMU JAUNAJAI PLANĒTAI LUDZU APSKATĪET VĀRDU PLŪTONS KO TUMŠAJAI UN DRŪMAJAI PLANĒTAI IETEIKUSI MAZA MEITENE VENIŠA BĒRNIJA — TĒRNERŠ»

Pazīstamais angļu astronoms A. Kromlins 17. martā rakstīja, ka nosaukums Plūtons arī viņam liekoties lielisks, turklāt tas vēl nav dots nevienam asteroīdam (tika gan ieteikts tagadējam Erosam, bet noraidīts kā pārāk drūms). Tālāk Kromlins atgādināja, ka mitoloģiskajam Plūtonam bijusi ķivere, kas to padarījusi neredzamu, un tāda ilgu laiku bijusi arī šī tumsā iegrimusī planēta.

Venišas Bērniņas priekšlikums Flagstāfā guva atzinību. Lovela observatorijas direktors V. Slifers 1930. gada 1. jūnija cirkulārā oficiāli lika priekšā nosaukt jaunatklāto planētu par Plūtonu.

Veniša Bērniņa, tagad Veniša Maksvela Fēra, par astronomi gan nav kļuvusi, bet viņa joprojām dzīvo Anglijā un labi atceras šo nozīmīgo savas bērnības notikumu.



REPUBLIKAS TRĪSPADSMITĀ ATKLĀTĀ FIZIKAS OLIMPIĀDE

Pēc tradīcijas ik gadu vienā no aprīļa svētdienām notiek republikas atklātā fizikas olimpiāde. 1988. gada olimpiāde — pēc kārtas jau trīspadsmītā — norisinājās P. Stučkas Latvijas Valsts universitātē 17. aprīlī.

Olimpiādi kopīgi bija organizējušas Latvijas ĻKJS Centrālā Komiteja, LPSR Zinātņu akadēmija, LPSR Izglītības ministrija, Zinātniski tehnisko biedrību Latvijas republikāniskā padome, Mašīnbūves rūpniecības ZTB Latvijas republikāniskā valde, A. Popova Radiotehnikas, elektronikas un sakaru ZTB LRV, Vis-savienības Astronomijas un ģeodēzijas biedrības Latvijas nodaļa un P. Stučkas Latvijas Valsts universitāte.

Uz olimpiādi ieradās 300 jaunie fizikas entuziasti no visiem republikas rajoniem.

Par uzvarētājiem savās klašu grupās latviešu plūsmā kļuva Juris Prikulis (8. kl.), Raimonds Šimanovskis (9. kl.), Gints Tervits (10. kl.) — visi no Rīgas 1. vidusskolas — un Jānis Kadiķis (11. kl.) no Rīgas 58. vidusskolas, bet krievu plūsmā — Pēteris Lazars (Rīgas 79. vsk. 8. kl.), Roberts Joīe (Rīgas 40. vsk. 9. kl.) un Dmitrijs Simonjans (Rīgas 79. vsk. 10. kl.).

Pilns olimpiādes godalgoto vietu ieguvēju saraksts publicēts laikrakstos «Sovetskaja molodjož» (1988. g. 1. jūlijā) un «Padomju Jaunatne» (1988. g. 22. jūlijā).

Lielāko ieguldījumu olimpiādes organizēšanā devuši ZA Fizikas institūta darbinieki A. Cēbers, A. Cuhrovs, O. Mozgīrs un J. Priede, LVU docents V. Fļorovs, Izglītības ministrijas

darbinieces I. Kubliņa un I. Akmene un VEF Zinātniskās pētniecības institūta darbinieks A. Konoplins. Viņiem, kā arī visiem citiem — liels paldies!

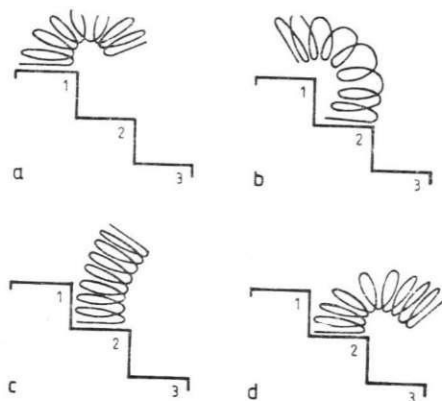
Sajā un nākamajā «Zvaigžņotās Debess» numurā sniedzam olimpiādē piedāvātos uzdevumus (iekavās norādīts, kurām klasēm attiecīgais uzdevums tika piedāvāts; burti L un K apzīmē latviešu un krievu plūsmas).

UZDEVUMU FORMULEJUMI

1. uzdevums (8.—11. L un 8.—10. K)

Tika demonstrēts eksperiments ar eksotisku nosaukumu «Mehāniskais pitons».

Minētā eksperimenta norise atainota 1. attēlā. Uz improvizētu kāpņu pakāpiena l novietotas plastikāta spirāles augšējo daļu nedaudz sastiepjot un noliecot nākamā (zemākā) pakāpiena virzienā (1. att., a), sākas un patstāvīgi



1. att.

turpinās pārējās spirāles daļas «pārplūšana» no augstākā uz zemāko pakāpienu. Šī kustības fāze (1. att., *b*) ilgst apmēram 1—2 sekundes.

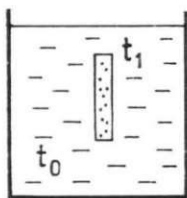
Taču kustība ar to nebeidzas. Spirāles augšējā daļa «nenosēžas» uz tās daļas, kas jau nonākusi uz pakāpiena 2, bet «pārmetas» tai pāri (1. att., *c*) un turpina kustību (1. att., *d*) tāpat kā no pakāpiena 1 uz pakāpienu 2.

Šādā veidā spirāle, šis «mehāniskais pitons», nonāk līdz pašam zemākajam pakāpienam.

Olimpiādes dalībnieku uzdevums bija izskaidrot novēroto kustību.

2. uzdevums (8.—11. L un 8.—10. K)

Traukā, kurā ir šķidrums, ievietota vertikāla caurule (2. att.) ar siltumu nevadošām sienām. Caurulē atrodas elektrosildītājs, kas uztur tās augšgalā temperatūru t_1 . Temperatūra traukā paliek nemainīga, vienāda ar t_0 . Izskaidrojiet, kāpēc pa cauruli plūst šķidrums, un aprēķiniet



2. att.

tā plūsmas ātrumu. Nepieciešamos šķidruma īpašības raksturojošos parametrus, sildītāja un caurules raksturlielumus izraugieties patstāvīgi.

3. uzdevums (8., 9. L un 8. K)

Bērnudārza audzēkņi sacenšas trasē, kuras profils parādīts 3. attēlā. Viena grupa startē ar trīsriteņu velosipēdiem, kuru ķēdes pārne-



3. att.

ses dzenošais zobrats ir nedaudz lielāks par dzenamo zobratu, bet otra grupa — ar analogiem velosipēdiem, kas atšķiras tikai ar to, ka dzenošais zobrats ir nedaudz mazāks par dzenamo zobratu.

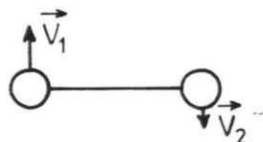
Kuriem no sacensību dalībniekiem izdevīgāk startēt uzkalna pakājē un finišēt tā augšā, bet kuriem — otrādi?

4. uzdevums (8. L)

Salejot kopā $n_1\%$ sāls šķīdumu, kura temperatūra ir t_1 , ar $n_2\%$ sāls šķīdumu, kura temperatūra ir t_2 , iegūst $N\%$ šķīdumu. Kāda ir $N\%$ šķīduma temperatūra? Uzskatīt, ka, mainoties šķīduma koncentrācijai, siltums neizdala un neabsorbējas un ka šķīduma īpatnējā siltumietilpība nav atkarīga no tā koncentrācijas.

5. uzdevums (9., 10., 11. L un 8., 9., 10. K)

Divas vienādas lodītes (masa $m=100$ g) saistītas ar neizstiepjamu diegu (garums $L=10$ cm). Lodītes bez berzes kustas pa horizontālu virsmu (4. att.). Sākotnējā momentā



4. att.

vienas lodītes ātrums (V_1) vērsts prom no novērotāja un otras (V_2) — novērotāja virzienā. Pie tam $V_1=3V_2$. Diega sastiepuma spēks T , kas kustības laikā paliek nemainīgs, ir 0,02 N. Pēc laika $t=\pi/4$ s abu lodīšu ātrumu moduli kļūst vienādi ar V_0 .

Aprēķiniet ātrumus V_0 , V_1 un V_2 .

RISINĀJUMI UN NORĀDĪJUMI

1. uzdevums

Kustības fāzē, kas parādīta 1. attēlā *a* (sk. uzdevuma formulējumu), spirāles augšdaļa sāk kustību lejup, jo uz leju noliektās (un sastiep-

tās) daļas svārs pārsniedz augšup vērsto astiepuma spēku. To panāk, izvēloties attiecīgu plastikāta materiālu (noteicošie rādītāji — blīvums un elastība).

Kad visa spirāle sasniedz pakāpienu 2, tās augšdaļai piemīt horizontāli vērsts ātrums, kas noliec augšu pakāpiena 3 virzienā. Spirāle sāk jaunu kustības ciklu.

Jāuzsver, ka šāda atsperes kustība iespējama tikai tad, ja ir noteikts spirāles blīvums un elastības spēks, kā arī kāpņu un pašas atsperes ģeometrisko parametru «spēle».

2. uzdevums

Ja caurulītē ievietots sildītājs, tad, šķidrums sasilstot, tā blīvums samazinās, šķidrums sāk celties uz augšu un izplūst no caurulītes. Izplūdušā šķidruma vietā ieplūst traukā esošais šķidrums, kura temperatūra ir t_0 .

Šķidruma plūsmu raksturojošos parametrus, arī ātrumu V , sasaista siltuma bilances vienādojums, kas atspoguļo to faktu, ka caurulītē izdalītais siltuma daudzums Pt paaugstina caur caurulī plūstošā šķidruma temperatūru no t_0 uz t_1 . Tāpēc

$$cm(t_1 - t_0) = Pt, \quad (1)$$

kur m — laikā T sasildītā šķidruma masa, c — tā īpatnējā siltumietilpība, P — sildītāja jauda.

Laikā T izplūdušā šķidruma masa

$$m = \rho S V T, \quad (2)$$

kur ρ — šķidruma blīvums, S — caurulītes šķēsgriezuma laukums, V — šķidruma plūsmas ātrums.

Ievērojot (2), no izteiksmes (1) iegūstam, ka

$$V = \frac{P}{c \rho S (t_1 - t_0)}. \quad (3)$$

3. uzdevums

Uzdevums pieder pie tādu problēmuzdevumu klases, kuriem nav viennozīmīga atrisinājuma. Katrs olimpiādes dalībnieks, risinot šo uzdevumu, varēja veidot savu modeli un tā ietvaros aplūkot faktoros, kas nosaka tā vai cita sacensību dalībnieka priekšrocības trasē, kura ved pa kalna nogāzi augšup vai lejup.

Minēsim tikai dažus no šiem faktoriem. Pirmkārt, tas ir spēks, ar kuru jādarbojas uz pedāļiem, — var būt situācija, kad jaunajam velosipēdistam, braucot pret kalnu, gluži vienkārši nepietiks spēka kustināt pedāļus. Otrkārt, jāreķinās ar tādu sportista rādītāju kā spēka izturība (t. i., spēja noteiktu jaudu atstāt vajadzīgo laiku; šis rādītājs ir nepieciešamā spēka funkcija). Treškārt, savu ietekmi var atstāt arī biomehāniskie parametri, ko nosaka velosipēdistas antropoloģiskie rādītāji, no kuriem atkarīga iespējamā velosipēdistas kāju kustības frekvence.

Sādu faktoru uzskaitījumu varētu turpināt — visi tie pastāv saistībā ar velosipēda dzenošā un dzenamā zobrata izmēru attiecību.

Iesakām izvēlēties kādu no darba modeļiem (piedāvāriet arī savus variantus!) un veikt to kvantitatīvu novērtējumu atbilstoši izvēlētajiem izejas parametriem.

4. uzdevums

Pieņemsim, ka $n_1\%$ sāls šķidruma masa ir m_1 un $n_2\%$ sāls šķidruma masa ir m_2 . Tādā gadījumā sāls daudzums šajos šķīdumos ir attiecīgi $n_1 m_1 / 100$ un $n_2 m_2 / 100$.

Kopējo šķidruma masu pēc saliešanas veido $m_1 + m_2$, un kopējais sāls daudzums tajā ir $(n_1 m_1 + n_2 m_2) / 100$. No uzdevuma nosacījumiem izriet, ka $(n_1 m_1 + n_2 m_2) / 100 (m_1 + m_2) = N / 100$. Tāpēc

$$N = \frac{n_1 m_1 + n_2 m_2}{m_1 + m_2}. \quad (1)$$

Aplūkosim siltuma bilanci šķīdumu sajaukšanas procesam. Pieņemsim, ka $t_1 < t_2$. Tad maisījuma temperatūra T apmierina sakarību $t_1 < T < t_2$. Tādā gadījumā vēsākais šķīdums saņem, bet siltākais atdod siltumu. Pie tam saņemtā un atdotā siltuma daudzumi ir vienādi. T. i.,

$$c_1 m_1 (T - t_1) = c_2 m_2 (t_2 - T), \quad (2)$$

kur c_1 un c_2 — šķidruma siltumietilpības, kas, pēc uzdevuma nosacījumiem, ir vienādas. Izsakot T no (2), iegūstam

$$T = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2}. \quad (3)$$

Redzam, ka izteiksmē ietilpst m_1 un m_2 , kas uzdevuma nosacījumos nebija doti. Tā kā no otras mūsu rīcībā esošās izteiksmes — (1) — divus nezināmus lielumus (m_1 un m_2) vienlaicīgi atrast nevar, tad rīkojamies šādi: gan izteiksmē (1), gan izteiksmē (3) izdalām skaitītāju un saucēju ar m_1 . Iegūstam

$$N = \left(n_1 + \frac{m_2}{m_1} n_2 \right) / \left(1 + \frac{m_2}{m_1} \right) \quad (4a)$$

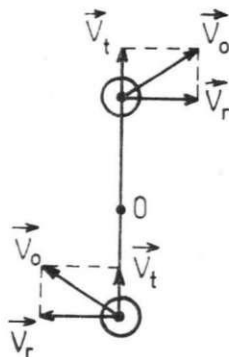
$$\text{un } T = t_1 + \left(\frac{m_2}{m_1} t_2 \right) N / \left(1 + \frac{m_2}{m_1} \right). \quad (4b)$$

Izsakot m_2/m_1 no pirmās izteiksmes un ievietojot otrajā, atrodam, ka

$$T = \frac{(N - n_2)t_1 + (n_1 - N)t_2}{n_1 - n_2}. \quad (5)$$

5. uzdevums

Tā kā lodīšu masas ir vienādas, tās rotē ap kopēju masas centru, kas atrodas diega vidū (5. att.). Tātad rotācijas rādiuss $R = L/2$. Lo-



5. att.

dīšu ātrums var būt atšķirīgs tikai tāpēc, ka tās ne vien rotē, bet arī piedalās no novērotāja prom vērsta (jo $V_1 > V_2$) translācijas kustībā. Apzīmēsim lodīšu rotācijas un translācijas kustības ātrumus attiecīgi ar V_r un V_t .

Tad ir spēkā sakarības

$$V_1 = V_r + V_t \quad \text{vai} \quad 3V_2 = V_r + V_t \quad (1a)$$

$$\text{un} \quad V_2 = V_r - V_t. \quad (1b)$$

No (1a) un (1b) izsakām $V_1 = 3/2 V_r$ un $V_2 = 1/2 V_r$, kā arī iegūstam, ka

$$V_t = V_2. \quad (2)$$

Diega sastiepuma spēks

$$T = \frac{mV_r^2}{r} = \frac{2mV_r^2}{L}. \quad (3)$$

Tāpēc $V_r = \sqrt{TL/2m} = 0,1$ (m/s); $V_1 = 0,15$ m/s un $V_2 = 0,05$ m/s, kā arī $V_t = 0,05$ m/s.

Rotācijas periods $t_0 = 2\pi r/V_r = \pi L/V_r = \pi \cdot 0,1/0,1 = \pi$ s, $t = \pi/4$ s = $t_0/4$ s.

Pēc šā laika diegs ieņems stāvokli, kāds parādīts 5. attēlā. Tāpēc $V_o = \sqrt{V_r^2 + V_t^2} = \sqrt{5}V_r = 0,22$ m/s. Tātad $V_o = 0,22$ m/s, $V_1 = 0,15$ m/s, $V_2 = 0,05$ m/s.

Pārējie olimpiādes uzdevumi, kā jau teikts, tiks publicēti nākamajā «Zvaigžņotās Debess» numurā.

Atsauksmes un priekšlikumus par jautājumiem, kas saistīti ar atklātajām fizikas olimpiādēm, lūdzam adresēt 226050 Rīgā, Galvenajā pastā, abon. k. 209, Zinātnisko un inženieru biedrību savienība. Jaunatnes komitejai.

L. Smitis

RĪGAS JAUNO FIZIĶU PANĀKUMS

Šā gada pavasarī — no 28. marta līdz 2. aprīlim — Maskavā jaunatnes centrā «Olimpietis» risinājās pirmais vissavienības un starptautiskais Jauno fiziķu turnīrs, kurā piedalījās 31 komanda — 21 savienoto republiku un pilsētu komanda, 8 Maskavas komandas (pamatā no specializētajām skolām, kas darbojas vairākās Maskavas augstskolās) un pa vienai komandai no Bulgārijas un Čehoslovākijas.

Turnīrs būtiski atšķirās no labi pazīstamajām fizikas olimpiādēm.

Vispirms komandas tika sadalītas apakšgrupās pa četrām piecām katrā. Divas dienas komandu pārstāvji referēja par problēmām, kuru formulējumi iepriekš tika publicēti žur-

nālā «Kvant» (1987, № 8). Apakšgrupas citas komandas uzdeva jautājumus, oponentēja un recenzēja. Pie tam komandas cikliski mainījās lomām. Visas darbības vērtēja žūrija, kuras sastāvā pamatā bija Maskavas Valsts universitātes zinātnieki.

Trešajā turnīra dienā jaunie fiziķi sniedza ziņojumus par problēmām, kuras organizatori piedāvāja iepriekšējās dienas pēcpusdienā. Ziņojuma sagatavošanai tātad atlika tikai vakars un viena nakts!

Pēc pirmo triju dienu rezultātiem tika noteikta labākā komanda atsevišķi starp Maskavas komandām un starp savienoto republiku un pilsētu komandām. Savienoto republiku un pilsētu grupā paredzēto balvu, kā arī tiesības nākamajā dienā cīnīties finālā kopā ar labāko Maskavas komandu (par to kļuva pie Maskavas Inženierfizikas institūta pastāvošās specializētās skolas komanda) un ar viesiem no BTR un ČSSR izcīnīja Rīgas komanda. Tās sastāvā bija A. Kozlovs un D. Simonjans (79. vidusskola), G. Ušomirskis (komandas kapteinis; 40. vidusskola), R. Čistovs (55. vidusskola) un A. Vasiļjevs (13. vidusskola). Komandas vadītājs turnīrā — 79. vidusskolas fizikas skolotājs A. Fridmans.

Finālsacensības notika turnīra ceturtajā dienā Maskavas Valsts universitātē. Šoreiz ziņotājiem jautājumus uzdeva un oponentēja paši žūrijas locekļi.

Pēc visu ziņojumu rezultātiem turnīra *galvenā balva — VĻKJS CK dāvētais kauss — tika pasniegta Rīgas komandai*. Bez tam visas komandas, kas piedalījās finālā, tika apbalvotas ar turnīra organizācijas komitejas diplomiem.



Jauno fiziķu turnīrs norisinājās ļoti draudzīgā atmosfērā. Dalībnieki palīdzēja cits citam, bieži vien arī sāncensiem. Interesantas bija tikšanās ar vadošiem mūsu valsts zinātniekiem — PSRS ZA viceprezidentu akadēmiķi J. Veļihovu, Nobela un Ļeņina prēmijas laureātu akadēmiķi N. Basovu, akadēmiķiem V. Braginski un T. Zacepinu.

Nevar neminēt vēl dažus šā panākuma kalīdzināšanas dalībniekus. Komandas sagatavošanā, kas ilga pusotra mēneša, piedalījās Latvijas Valsts universitātes pārstāvji — profesors J. Eiduss, docenti V. Fļorovs, R. Farbers un O. Šmits, Astronomiskās observatorijas vadītājs J. Zagars, Cietvielu fizikas institūta līdzstrādnieks J. Segliņš, kā arī Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas Fizikas institūta vecākais zinātniskais līdzstrādnieks A. Cēbers, Daugavpils Pedagoģiskā institūta informātikas katedras vadītājs S. Hilkēvičs un šo rindu autors.

Komandas gatavošanai un startam atbalstu sniedza LPSR Izglītības ministrija, LĻKJS Centrālā Komiteja un PSRS Zinātnisko un inženieru biedrību savienības Latvijas republikāniskā valde.

L. Šmits



ATRISINĀJUMU MEKLĒJOT

Viena no lielākajām mīklām, ko daba uzdevusi 20. gadsimta cilvēkam, ir Tunguskas fenomēns. Pagājušā gada 30. jūnijā tā varēja atskatīties uz savu astoņdesmitgadi, kas bagāta ar daudziem pētījumiem un atziņām, daudzām interesantām un pat ekstravagantām hipotēzēm¹, bet tomēr arī ar daudzām neskaidrībām. Zinātniski stingri pamatota Tunguskas fenomena izcelsmes un norises ainas izskaidrojuma vēl joprojām nav, neraugoties uz miljīgiem panākumiem, ko šajos 80 gados ir guvuši zinātnieki vispār un kosmosa izpēti īpaši sevišķi. Gandrīz katru no hipotēzēm izskaidro kādu plašāku vai mazāku plašu ar Tunguskas fenomenu saistītu parādību loku, neizbēdami «klūpot» pret citām — ārpus šī loka esošām parādībām.

Taču paveikts, kā jau teikts, nav maz. Ekspedīcijas, kas rīkotas uz Tunguskas fenomena rajonu, gan lai pierakstītu notikuma aculiecinieku stāstījumu, gan arī lai iegūtu objektīvus datus par šīs vietas un tās tuvākās un tālākās apkārtnes ģeoloģiskajām, augšsnes, augu valsts u. c. īpatnībām, ir savākušas ļoti daudzus faktus, t. i., ļoti daudzus no tiem krāsainajiem stikliņiem, kuri veidos nākamo

Tunguskas fenomena mozaīku. Var pat teikt, ka jau tagad ir zināmi, t. i., restaurēti, vairāki šīs mozaīkas fragmenti. Un meklējumi turpinās, pētījumos izmantojot visjaunākos zinātnes un tehnikas sasniegumus.

Ļoti daudz Tunguskas fenomena izpratnei deva 1986. gads — Haleja komētas gads, kad pēc veiksmīgajiem kosmiskajiem — it īpaši «Vegas-1» un «Vegas-2» — eksperimentiem bija iespējams visai detalizēti iepazīties ar komētas vielas sastāvu, uzbūvi, struktūru u. c. ar Haleja komētu saistītiem jautājumiem un līdz ar to ievērojami pavirzīties uz priekšu ne tikai komētu pētniecībā, bet arī Tunguskas fenomena apzināšanā, ar lielu varbūtību ļaujot atzīt par maz pamatotu vienu no vecākajām Tunguskas fenomenu skaidrojošajām hipotēzēm — meteorīta hipotēzi. Tiešām, gan Haleja komētas kodola vielas parametri, gan arī tas, ka Tunguskas katastrofas rajonā, neraugoties uz visai rūpīgiem meklējumiem, nav izdevies atrast meteorītu vielas paraugus, visai pamatoti liek domāt, ka Tunguskas fenomenu izraisījušo parādību cēlonis ir bijis nevis blīvs meteorīts, bet gan nelielas komētas kodols vai šāda kodola vielas atlūza, kuras masu vērtē ap 100 000 tonnu. Tādēļ arī autors, aprakstot pirms 80 gadiem Tunguskas taigā notikušās parādības, šajā rakstā vairs nelieto līdz

šim plaši izplatīto un pazīstamo apzīmējumu — Tunguskas meteorīts, bet aizstājis to ar neitrālāku un tādēļ precīzāku nosaukumu — Tunguskas fenomēns.

Jaunākās atziņas komētu pētniecībā ļāvušas no jauna pievērsties kādai jau pazīstamai, bet agrāk sevišķu ievērību neguvušai hipotēzei — par meteorītu ķermeņu eksplozīvu sadalīšanos elektroizlādes rezultātā. Šo hipotēzi 1978. gadā izvirzīja padomju zinātnieks A. Nevskis², un, pēc viņa domām, tā ļauj no vienotu priekšstatu pozīcijām visai argumentēti izskaidrot lielāko no nozīmīgāko daļu, lai neteiktu — visu ar Tunguskas fenomenu saistīto parādību kompleksu. A. Nevskis pievērsa uzmanību tam, ka apjomīgu meteorītu ķermeņu iedrāšanās Zemes atmosfērā, kas notiek ar lielu virsskaņas ātrumu, izraisa virkni aerofizikālu procesu un parādību, kurām līdz pat pēdējam laikam nebija dots apmierinošs izskaidrojums. Vispirms jāmin atmosfēras elektriskā lauka sprieguma palielināšanās, kura dažos gadījumos

² Невский А. П. Явление положительного стабилизируемого электрического заряда и эффект электро-разрядного взрыва крупных метеоритных тел при полете в атмосферах планет. — *Астрономический вестник*, 1978, т. 12, № 4, с. 206—215.

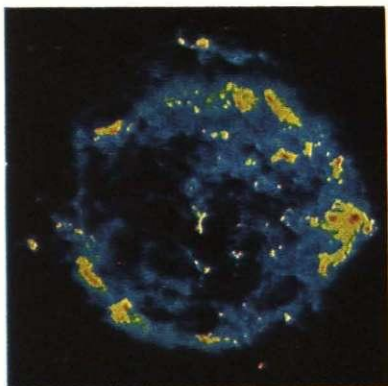
¹ Sk., piemēram: Балклавс А. Вēlreiz par Tunguskas meteorītu. — *Zvaigžņotā Debess*, 1983. gada pavasaris, 16., 17. lpp.



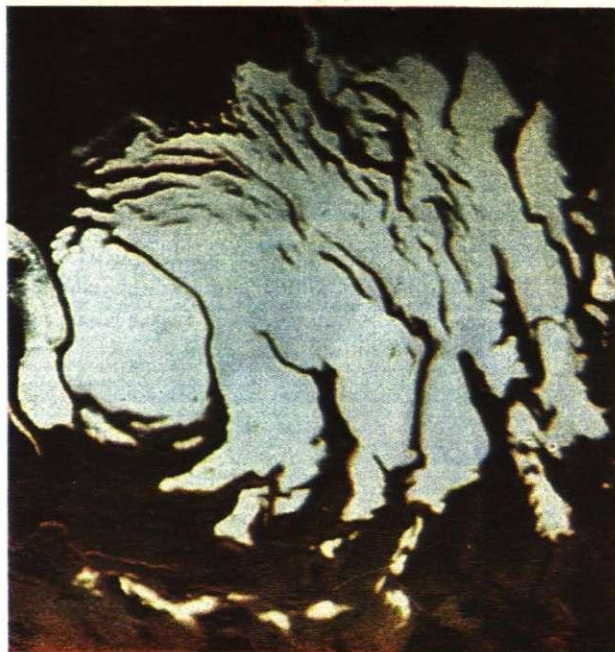
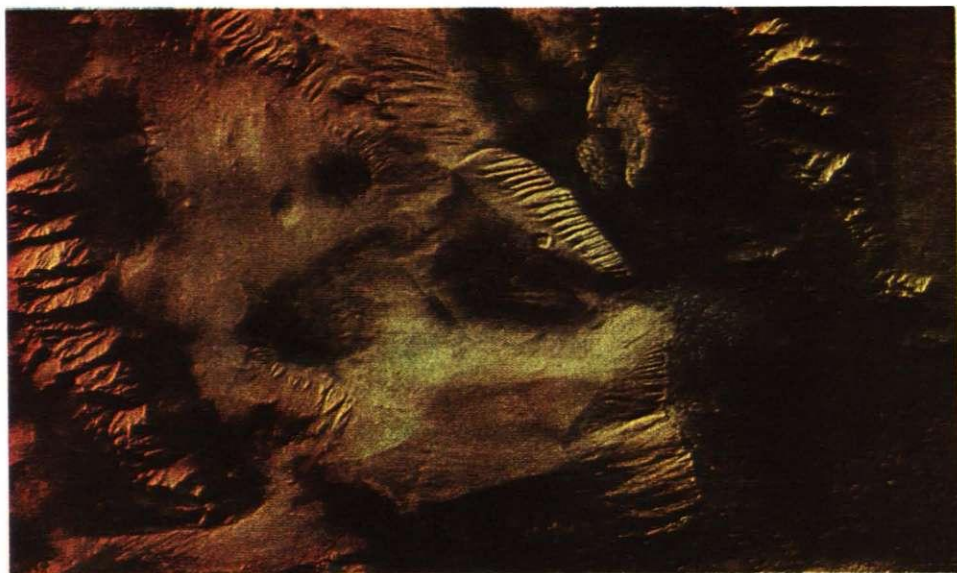
Pēdējais LMM fotoattēls, kas iegūts pirms pārnovas uzliesmojuma — 1987. gada 23. februārī pl. 1.00 pēc Griničas laika. (ESO uzņēmums.)



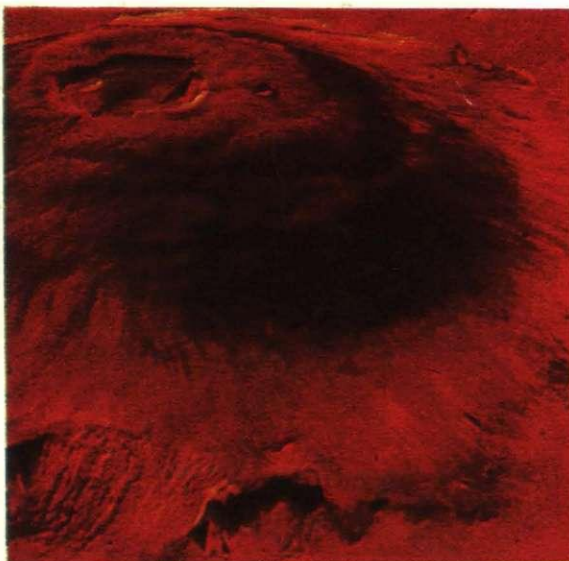
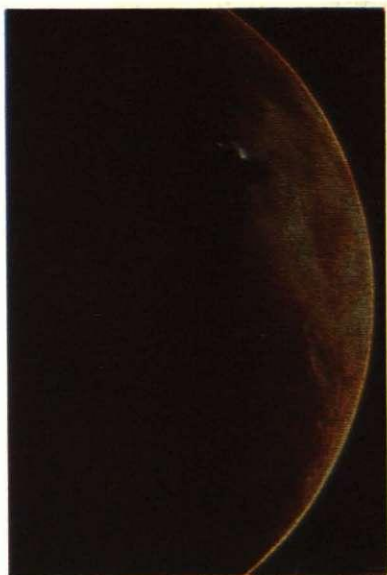
LMM fotoattēls, kas iegūts tieši pēc divām diennaktīm. Pārņova sasniegusi 4,5 redzamo zvaigžņlielumu. Otrs spožais objekts (vairāk difūzs) ir Tarantula miglājs — Zelta Zivs 30 zvaigžņu asociācija. (ESO uzņēmums.)



Divu senāku pārnovu atliekas: *pa kreisi* — Gulbja zvaigznājā, uzņemtas ar pavadona IRAS (Holande+ASV) teleskopu infrasarkanajos staros ($4^{\circ} \times 4^{\circ}$); *pa labi* — Kasiopejas zvaigznājā, uzņemtas ar radioteleskopu VLA (ASV) centimetru viļņos ($6' \times 6'$).



Marss tuvplānā (pēc novērojumiem no amerikāņu automātiskajām starpplanētu stacijām «Viking» 1976.—1980. g.). *Augšā* — tumšpelēku nogulu klātais kanjons *Condor Chasma* (labajā pusē) un spēcīgu erozijas procesu izvegotais līdzenums tam kaimiņos (attēlotā apgabala izmēri — 190×130 km). *Pa kreisi* — Marsa dienvidu polārā cepure pavasarī, kad tā atrodas tieši uz terminatora.

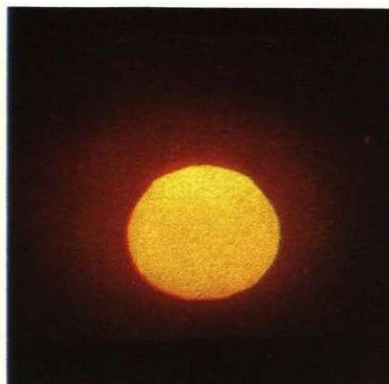


Augšā pa kreisi — Marsa vulkāns *Ascraeus Mons* un divas (sakarā ar atšķirīgo vēja virzienu dažādā augstumā) aiz tā stiepjošās mākoņu astes (sīrpja augšdaļā). *Augšā pa labi* — Marsa lielākais vulkāns *Olympus Mons* (pamatnes diametrs 600 km, krātera diametrs 70 km, relatīvais augstums gandrīz 25 km), pēc stereofotogrammetriskiem mērījumiem sintezēts sānskata attēls, kuram mērogs vertikālā virzienā ir vairākkārt lielāks nekā horizontālā virzienā (t. i., nogāzes parādītas daudz stāvākas nekā dabā). *Pa labi* — pēc īpaši detalizētu uzņēmumu apstrādes datiem sintezēts tā paša vulkāna attēls nosacītās krāsās, kuras ataino dažādu virsmas rajonu ģeoloģiskās īpatnības. Attēlus (izņemot šajā lappusē augšā pa kreisi) īpaši apstrādājis vai no sākotnējiem uzņēmumiem sintezējis ASV ģeoloģiskais dienests.





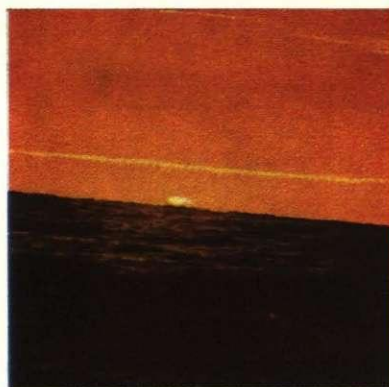
Saule riet jūrā Mellužos 1987. gada
25. jūnijā pl. 23^h18^m,5.



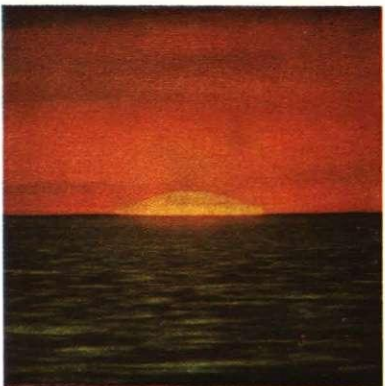
Saule tuvojas horizontam. Uzņemts
9. jūlijā pl. 23^h09^m.



Saule kā gaisa balons 9. jūlijā
pl. 23^h10^m.



Zaļais stars 11. jūlijā pl. 23^h13^m,5.

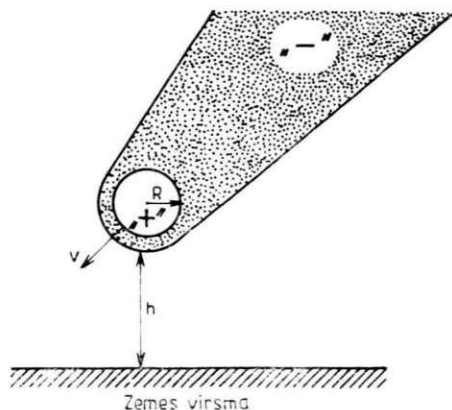


21. jūlijā Saule norietēja par
2,5 minūtēm vēlāk, nekā aprēķināts.
Uzņemts pl. 22^h58^m.



Klasiska refrakcijas aina 22. jūlijā
pl. 22^h54^m.

1. att. Shematisks elektrisko potenciālu sadalījums starp meteorīta ķermeni, to aptverošo plazmu un Zemes virsmu (nav ņemta vērā tā sauktā Debaija ekranizācijas parādība): R — meteorīta ķermeņa rādiuss, v — meteorīta ātrums Zemes atmosfērā, h — augstums virs Zemes virsmas.



rada intensīvu elektrisku koronas tipa izlādi, kas pazīstama ar nosaukumu «svētā Elma uguns» jeb «Elma uguns». Novēro arī inducēto strāvu parādīšanos elektriskajās ķēdēs, spēcīgu radiotraucējumu ģenerēšanos u. c. parādības, kas nepārprotami norāda uz šo parādību cēloņu elektrisko dabu, un līdz ar to, pēc A. Ņevska domām, tām var meklēt kopīgu izskaidrojumu.

Kā zināms, viens no svarīgākajiem gāzu dinamikas procesiem, kas saistīts ar lielā ātruma atmosfērā ielidojoša ķermeņa kustību, ir plazmas apvalka izveidošanās ķermeņim ļoti lielās berzes dēļ. Ķermeņa virsmas var sakarst līdz tādai temperatūrai, ka sākas tā sauktā termoelektronu emisija, t. i., ķermeņa kristāliskajā struktūrā ieslēgto «brīvo» elektronu «iztvaikošana». Šie elektroni līdz ar pretēji ķermeņa kustībai vērsto plazmas plūsmu tiek aizrauti projām, un ķermeņi tādējādi iegūst arvien lielāku pozitīvo lādiņu (1. att.). Tā izveidojas milzīgs elektriskais dipols ar koncentrētu pozitīvo lādiņu uz ķermeņa virsmas un izkļiedētu negatīvo lādiņu plazmas astē, kuras izmēri daudzkārt pārsniedz ķermeņa lidojuma augstumu.

Šāda modeļa sīkāka izpēte rāda, ka ķermeņa virsmas pozitīvais lādiņš var iegūt ievē-

rojamu lielumu³ un rezultātā starp ķermeni un Zemes virsmu var rasties iespaidīga elektriskā potenciāla starpība (2. att.). Šī potenciālu difference jeb spriegums, kā liecina aprēķini, var sasniegt tādas vērtības, ka notiek starp meteorīta ķermeni un Zemi esošā izolējošā gaisa slāņa caursīšana, resp., zibensveida izlāde.

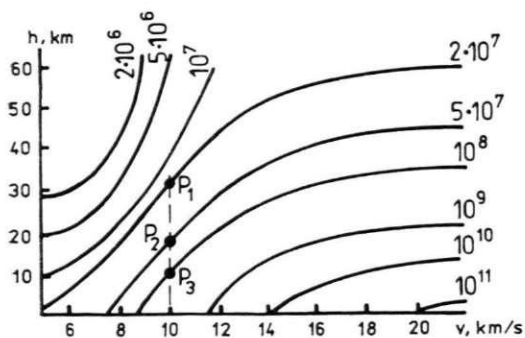
Ir zināms, ka atmosfēras gaisa caursītes sprieguma vērtība atkarībā no gaisa mitruma, temperatūras u. c. parametriem ir apmēram 5—30 kV/cm robežās. Ņemot par iezjpunktu maksimālo kritiskā sprieguma vērtību $3 \cdot 10^4$ V/cm, var aptuveni aprēķināt kritisko

³ Pozitīvajam lādiņam, kas izveidojas uz meteorīta ķermeņa, tam drāžoties cauri atmosfērai, piemīt īpašība nostabilizēties, t. i., pieņemot noteiktu vērtību, ko nosaka ķermeņa ātrums. Lādiņa tālāku pieaugumu traucē elektrostatiskie (Kulona) spēki, kas izveidojas starp pozitīvi lādēto meteorīta ķermeni un negatīvi lādētajiem termoemisijas elektroniem: jo lielāks kļūst pozitīvais lādiņš, jo grūtāk aizraut prom no ķermeņa elektronus — tam nepieciešams arvien lielāks ātrums. Tātad pozitīvais lādiņš pats ierobežo savu tālāku palielināšanos, ja nostabilizējas ātrums.

augstumu h (km), kuru meteorīta ķermeņim ar noteiktu masu (jeb rādiusu R) un kustības ātrumu v (km/s) sasniežot, var notikt zibensveida izlāde. Kā 3. attēlā redzams, liela meteorīta ķermeņim ($R=300$ m) kustoties lielā ātrumā ($v \approx 15$ km/s), šāda izlāde var sākties jau ap 25 km augstumā (punkts P).

Tas nozīmē, ka atmosfērā nonākušu kosmisko ķermeņu trajektorijas var sadalīt divās grupās: ir trajektorijas, kurām maksimālās bremzēšanās (maksimālā ātruma) punkts (augstums) neiekļūst kritiskā potenciāla apgabalā, kad notiek atmosfēras slāņa caursīte, un ir trajektorijas, kuras šajā apgabalā iekļūst. Pirmajā gadījumā kosmiskā ķermeņa kustība vai krišana tiek tikai aerodinamiski bremzēta līdz pat saskarei ar Zemi. Kā rāda meteorītu un bolīdu novērojumi, šādu lidojumu novērojumi, šādu lidojumu pavadā aeroakustiski (svilpieni, šņākoņa u. c. trokšņi) un citi aerofizikāli efekti (tricienviļņu ģenerēšanās, elektriskas un magnētiskas parādības utt.). Otrajā gadījumā tam visam vēl pievienojas elektriskā izlāde, t. i., atmosfēras elektriskā caursīte jeb zibens.

Šāds zibens ir ļoti sarežģīts fizikāls process, kura izpēte



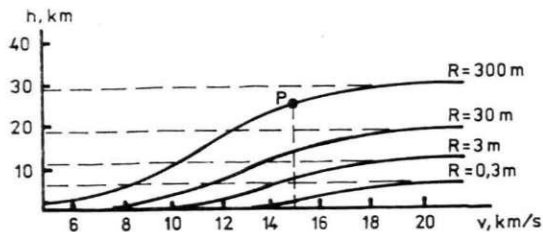
vēl nebūt nav pabeigta. Taču galvenajos vilcienos varam raksturot tā būtību un noteikt svarīgāko parametru vērtības. Galvenā īpatnība ir tā, ka ikkatrā šāda izlāde grauj pašu ķermeni un samazina tā potenciālu. Taču tas rada apstākļus elektronu emisijas pieaugumam, resp., ķermeņa pozitīvā potenciāla iepriekšējās vērtības atjaunošanai, un līdz ar to jaunas izlādes izraisīšanai. Jāņem vērā, ka tas viss notiek uz ķermeņa kustības kinētiskās enerģijas rēķina, tātad var papildus veicināt ķermeņa efektīvu bremsēšanos. No tā var secināt, ka elektriskās izlādes notiek tikmēr, kamēr vai nu nav pietiekami samazināts ķermeņa ātrums, vai arī pats ķermenis nesabrūk daudzos fragmentos, kuru potenciāls vairs nav spējīgs izraisīt izlādi. Ja elektriskās izlādes samazina ķermeņa ātrumu, tad var noteikt laiksprīdi, kurā izlādes notiek. Izrādās, ka ātrumam $6-22$ km/s šis laiksprīdis ir $10^{-2}-10^{-5}$ s, t.i., kosmiskā ķermeņa kustī-

bas enerģijas pārveidošanās elektriskās izlādes enerģijā var notikt ļoti spēcīgas eksplozijas veidā.

Tas ļauj izskaidrot pagaidām mīklainos gadījumus, ka ne visos izpētītajos meteorītu krāteros izdodas atrast meteorītu vielu. Uz Zemes ir apmēram 20 šādu veidojumu, kuriem pat izdarītajos urbumos nav atklāti meteorītu ķermeņi. Pēc A. Ņevska koncepcijas, šādi krāteri izveidojušies elektroizlādes rezultātā, pašiem meteorītiem sašķīstot vai iztvaikojot atmosfērā augstu virs Zemes.

Vēl kāda īpatnība atklājas, ja aprēķina kopējo strāvas lielumu, kas šādas izlādes laikā noplūst no ķermeņa uz Zemi. Ķermeņim ar rādiusu 1 m šī strāva ir apmēram 10^8 A, bet ķermeņim ar $R=100$ m — jau 10^{12} A. Tā kā vienā izlādes (zibens) kanālā, kā liecina pētījumi, strāvas stiprums nevar pārsniegt apmēram $2 \cdot 10^6$ A, tad šāda izlādei ir jānotiek vienlaicīgi vai ļoti īsā laiksprīdī caur vairākiem, pat daudziem

kanāliem, un katrā kanālā strāvas stiprums ir tuvs robežvērtībai $2 \cdot 10^6$ A. Tātad izlādes kanālu skaits var svārstīties no 10^2 ķermeņim ar rādiusu 1 m līdz 10^6 ķermeņim ar rādiusu 100 m. Visi šie kanāli ir ieslēgti asā konusā (4. att.). Temperatūra izlādes kanālā var sasniegt vairākus miljonus grādu un spiediens — simtiem tūkstošu atmosfēru, tātad jādomā, ka liela daļa izlādes enerģijas (30—50%) izdalās starojuma veidā — arī kā neitronu un cieto rentgenstaru starojums. To apstiprina eksperimentāli dati, kas rāda, ka spēcīgi zibens izlāžu laikā ir novērojamas neitronu plūsmas. Piemēram, indiešu zinātnieki Himalajos apmēram 2743 m virs jūras līmeņa uzstādīja automātisku neitronu detektējošu aparāturu, kura ieslēdzās, kad tuvumā notika zibens izlāde. Ilgstoša eksperimenta laikā tika reģistrētas apmēram 11 000 zibens izlādes un 124 reizes tām sekojusi neitronu parādīšanās. Domā, ka augstās temperatū-



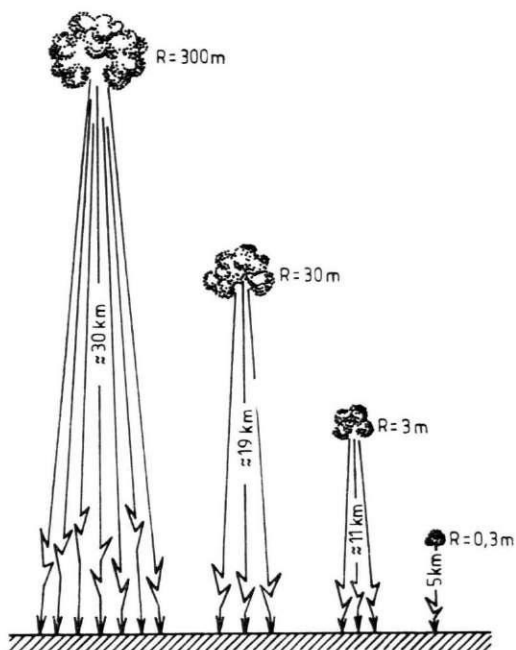
3. att. Augstums h (km) jeb attālums no Zemes virsmas, kādā notiek meteorīta ķermeņa elektriskā sagrāve, ja tā rādiuss ir R un kustības ātrums atmosfērā dotajā augstumā — v (km/s).

ras un spiediena rezultātā izlādes kanālos var notikt smagā ūdeņraža — deiterija (kas vienmēr, kaut arī ļoti niecīgos daudzumos, ir sastopams dabā ūdenī un ūdens tvaikos) atomu sintēzes reakcija, kurā izveidojas He^3 kodols un parādās viens brīvs neitrons.

Šī A. Ņevska hipotēze, kā jau teikts, ļauj izskaidrot arī daudzus ar Tunguskas fenomenu saistītus notikumus. Aplūkosim dažus svarīgākos. Un tā, tajā tālajā 1908. gada 30. jūnijā rītā daudzi aculiecinieki plašā Sibīrijas teritorijā redz pie debesīm lidojam ugunīgu bumbu, aiz kuras stiepjas varavīkšņaina aste. Lidojums apmēram 10 km vai vēl lielākā augstumā beidzas ar sprādzienu, kura laikā pat simtiem kilometru attālumā no epicentra cilvēki dzird ausis plosošu troksni, kas atgādina pērķona grāvienus un artilērijas kanonādi. Dreb un līgojas zeme...

Pirmkārt, lielā augstumā notiekošai superjauktīgai daudzkanālu izlādei starp kosmisko ķermeni un Zemi būtu jāizpaužas kā milzīgam daudzus kilometrus augstam ugunsstābam, kura intensīvais starojums ļoti plašā teritorijā izraisītu gan apdegumus, gan meža ugunsgrēkus, ko arī novēroja Tunguskas katastrofas laikā. Aculiecinieki redzējuši milzīgu ugunsstabu vai vertikālu sprādziena fontānu. Vanavaras, Kožmas u. c. apkārtnē apdzīvoto vietu iedzīvotāji liecināja, ka sajutuši pēkšņu karstumu («gandrīz aizdegās kreklis», «it kā liesma iesitās sejā» u. tml.), ko var izskaidrot kā gaismas uzliesmojuma sekas.

Otrkārt, eksplozīva ļoti lielas enerģijas izdalīšanās (to vērtē kā ekvivalentu ap 40 miljoniem tonnu trotila) gandrīz cilindriskā (asa konusveida) tilpumā radīja ļoti spēcīgu kvazicilindrisku triecienvilni, kas ir galvenais meža izgāšanas vaininieks



4. att. Shematisks dažāda rādiusa meteorītu ķermeņu elektriskās sagrāves attēlojums, ja tie iedrāžas atmosfērā ar vienādu ātrumu (~ 20 km/s). Tas uzskatāmāk ataino 3. attēlā dotā grafika rādījumus.

lielā platībā. Taču šis triecienvilnis, kurā izdalījās lielākā daļa izlādes enerģijas, nebija vienīgais. Radās arī divi sfēriski triecienviļņi. Cēlonis vienam no tiem ir kosmiskā ķermeņa materiāla sprādzienveida sadalīšanās. Otrs sfēriskais triecienvilnis bija parastais ballistikais triecienvilnis, kas rodas, jebkuram ķermenim ar virsskaņas ātrumu kustoties Zemes atmosfērā.

Šādu notikumu norisi apstiprina katastrofas aculiecinieku apraksti, piemēram: «7.43 no rīta atskanēja troksnis, kāds rodas no stipra vēja. Tūlīt pēc tam sekoja briesmīgs trieciens... Tad nāca otrs sprādziens ar tādu pašu spēku un trešais... Bet pēc tam 5—6 minūtes bija dzirdama tieši kā artilērijas

šaušana... Pamazām dārdieni kļuva vājāki.» Šajā aprakstā artilērijas kanonādes efektu var izskaidrot ar izlādi caur daudziem kanāliem. Jāteic, ka ļoti svarīgu informāciju par kosmiskā ķermeņa ballistiku un krišanas fiziku Tunguskas fenomena pētniekiem deva vairāk nekā 150 000 katastrofas laikā izgāzto un cietušo koku inventarizācija un apsekošana.

Treškārt, superjauktīgās elektroizlādes rezultātā kosmiskais ķermenis saspāra daudzos fragmentos, no kuriem liela daļa izlādes kanālu augsto temperatūru dēļ pārvērtās putekļos vai iztvaikoja. Sevišķi viegli tādā veidā pārvēršas komētas viela, ko veido drupens, ar kosmiskajiem putekļiem piesārņots dažāda sastāva ledus.

Tas izskaidro, kāpēc katastrofas vietā, neraugoties uz ļoti rūpīgajiem meklējumiem, nav izdevies atrast kaut cik ievērojamas meteorīta vielas atliekas, un pamato domu, ka kosmiskais ķermenis, kas izraisīja Tunguskas katastrofu, daudz iespējamāk, ir bijusi nelielas komētas (varbūt pat Haleja komētas) kodola atlūza, nevis meteorīts.

Pēdējā laikā pastāvīgajām ekspedīcijām, kas darbojas Tunguskas katastrofas rajonā un izdarīja pēckatastrofas augsnes, sevišķi kūdras slāņa, analīzi, ir izdevies izdalīt šajos paraugos paaugstinātas koncentrācijas mikroskopiskas kosmiskas izcelsmes vielas daļiņas — dažādas krāsas un nokrāsas stikla lodītes un šķembas. Ķīmiskā analīze liecina par palielinātu nātrija, sudraba un retzemju elementu saturu tajās. Šādi «stikliņi» ne uz Zemes, ne tās dzīlēs, f. i., ne pirmskatastrofas, ne vēlākos, pēckatastrofas slāņos, parasti nav sastopami. Tādu nav arī no Mēness atvestajos grunts paraugos. Tāad ļoti iespējams, ka šīs lodītes ir saistītas ar Tunguskas katastrofu. Augst-temperatūras sprādziena laikā ķermeņa viela varēja pāriet gāzveida vai šķidrā stāvoklī un, atdzīstot un kodensējošies mikroskopisku daļiņu veidā, kas pakāpeniski nosēdās, izkliedēties plašā teritorijā.

Iespējams tomēr, ka cilvēces rīcībā ir pat neliels gabaliņš Tunguskas kosmiskā ķermeņa vielas. Runa ir par PSRS meteorītu kolekcijas eksemplāru, kas pazīstams ar nosaukumu «Kagirlīkas meteorīts». Tas nokritis Ukrainā tajā pašā dienā, kad novērots Tunguskas fenomēns, apmēram 5000 km no eksplozijas vietas. Ir arī vairāki desmiti ziņojumu par meteorītu krišanu šajā dienā dažādās Sibīrijas vietās ap 1200 km no Tunguskas, taču meklējumi netika izdarīti, un līdz ar to nekas nav atrasts. Šie meteorīti va-

rēja būt nelieli kompakti vielas gabaliņi, kas bijuši iesaldēti kosmiskā ķermeņa sniega un ledus masā. Attiecībā uz lielajiem attālumiem jāņem vērā tas, ka, kosmiskajam ķermenim ar lielu ātrumu iedrāžoties atmosfērā un sabrūkot elektroizlādes dēļ, eksplozija notiek no apakšpusē un šķembas iegūst spēcīgu impulsu, kas vērstas uz augšu. Tādā veidā daļa vielas var tikt ieviesta atmosfēras refinātajos slāņos un izkliedēta plašā teritorijā. Daļa līdzīgā veidā var pat tikt izmesta atpakaļ kosmiskajā telpā.

Ceturtkārt, eksplozijas vietā ir jārodas apjomos ātri augošam lielumam gāzu un putekļu mākonim, kas var pieņemt arī sēnei līdzīgu apveidu. Tādu arī redzējuši Tunguskas katastrofas aculiecinieki. Šādu meteorītu izcelsmes mākoņu rašanos, starp citu, apliecina arī citi novērojumi, jo ir daudzi apraksti par meteorītu izkrišanu no mākoņiem, kas pēkšņi uzradušies.

Piektkārt, ļoti liela pozitīva lādiņa izveidošanās uz kosmiskā ķermeņa pirms izlādes var inducēt lielu negatīvu lādiņu uzkrāšanos priekšmetos, kas atrodas uz Zemes. Šie priekšmeti elektrostatisko pievilkšanās spēku darbības rezultātā var pacelties gaisā. Šādu parādību sauc par elektrostatisko levitāciju, un ar to var izskaidrot lielu meteorītu krišanas gadījumos aprakstīto priekšmetu (jurtu, jumtu, briežu, cilvēku, balķu utt.) uzraušanos gaisā. Arī Tunguskas katastrofas aculiecinieki ir novērojuši līdzīgas parādības — paceltas gaisā jurtas, koki (sevišķi pauguros augoši) izrauti un aiznesti pa gaisu, aizrauta prom augsnes virskārta, upē radušies ūdens vilnīši un lieli vilņi, kas virzījušies pretēji upes tecējumam, un vietām pat aiznesti ūdens (upe pēkšņi kļuvusi sausa).

Šīs parādības nevajag sajaukt ar triecienvilņu iedar-

bību, kuras izpausmes ir pavissam citas. Ar elektrostatiskajiem spēkiem un izlādi var ļābi izskaidrot arī tādus efektus kā novērotos trokšņus, divainos koku apdegumus u. c., jo elektrostatisku koronasizlādi bieži pavada dažādi trokšņi (šņācoši svilpieni, šalkoņa, if kā gaisā paceltos izbiedēts putnu bars utt.) un var rasties apdegumi, kurus grūti saistīt ar gaismas uzliesmojumu, kas gan bija viens, bet ne vienīgais meža degšanas (aizdegšanās) cēlonis. Pētniecības ekspedīcijas Tunguskas katastrofas rajonā ir atradušas kokus, kuriem apdeguši tikai vainagi, kokus, kuri apdeguši visi līdz pat sakņu sistēmai, un turpat blakus kokus, kurus apdegums vispār nav skūris.

Tā kā elektrostatiskais lauks un tā izraisītā koronas izlāde visvairāk skar koku vainagus, tiem ir jāuzliesmo vispirms. Tas izskaidro aculiecinieku stāstījumu par meža virsotnes aizdegšanos. Spēcīgais elektrostatiskais lauks var pacelt un nolauzt arī atsevišķus koku zarus. Asajās lūzuma vietās notiek pastiprināta lādiņu koncentrācija, līdz ar to šīs vietas apde- ga un apglojas. Ja tiek izrauts koks ar visām saknēm, var rasties arī novērotie sakņu sistēmas apdegumi. Bet kokus, kuri auguši sausākās vietās, tāpat tur, kur ir mazāka elektrovadītspēja, koronas izlāde var neskārt nemaz, un tā blakus apdegušiem var saglabāties uguns pilnīgi neskarti koki. Tādējādi ar koronas izlādes īpatnībām var izskaidrot daždas Tunguskas fenomena rajonā konstatētās divainības.

Sestkārt, ņemot vērā iespējamo neitronu plūsmu un rentgenstarojuma ģenerēšanos elektroizlādes kanālos, ļoti dabīgu izskaidrojumu iegūst Tunguskas rajonā novērotā un līdz šim par sevišķi mīklainu uzskatītā paātrinātā gan jaunās mežaudzes, gan katastrofas laikā neiznī-

cināto koku augšana. Tas var būt noticis gan ģenētisko mutāciju rezultātā, ko izraisījis šis starojums un kas katastrofas rajonā apmēram 10—12 reizes pārsniedz fona līmeni, gan spēcīgās koronas izlādes dēļ. Jāteic, ka pēdējā atziņa sakņojas jau gluži eksperimentālas dabas pamatojumā, jo, kā zināms no lauksaimniecības prakses, augsnes, sēklu un arī augu apstrāde ar koronas izlādi paātrina un stimulē augu augšanu.

Ar katastrofas laikā ģenerēto jonizējošo starojumu var izskaidrot arī šajā rajonā novērojamo grunts termoluminiscenci, kā arī cilvēku un dzīvnieku (brīžu, suņu) masveida saslimšanu un pat bojāeju, ko novēroja katastrofas apvidum tuvos rajonos vienu divus gadus pēc šā notikuma.

Septiņkārt, lādiņu ieguvušā kosmiskā ķermeņa kustībai, kas faktiski nav nekas cits kā īslaicīgs strāvas impulss, bija jārada arī spēcīgs magnētiskā lauka impulss, ar ko var izskaidrot katastrofas rajonā konstatēto grunts pārmagnētizēšanos — šajā rajonā gruntī esošo pastāvīgā magnētiskā lauka nesēju magnētiskais lauks ir orientēts citādi nekā no katastrofas attālos (ap 30—40 km) rajonos.

Astotkārt, ar elektrisko izlādi, kas notiek pa daudziem kanāliem, var izskaidrot pašā katastrofas rajonā redzamās ar ūdeni pildītās bedres kūdrājā. Pirmās ekspedīcijas, pieņemdamas, ka tās ir gaisā eksplodējušā meteorīta šķembu izsistas, veltī centās tajās atrast meteorīta vielu. Izlādes

kanālu maksimālās koncentrācijas vietā varēja rasties krāteris, kas pēc tam kļuva par purvu, jo spēcīgajai izlādes strāvai vajadzēja izraisīt mūžīgā sasaluma izkušānu, ūdens sakaršanu un spiedienu palielināšanos pazemes horizontos. Tas izskaidro tādas katastrofas laikā novērotus faktus kā karstu ezeru, karsta ūdens avotu un geizeru parādīšanos, to, ka epicentra vietā, kur agrāk bijis pakalns un sauss mežs, pakalns iegrimis zemē un izveidojies purvs. Izmestā ūdens masa, applūdinot apkārtnes zemienes, veicināja tālāku apkārtnes pārpurvošanos. Tas viss arī pašlaik vērojams katastrofas vietā.

Un, visbeidzot, A. Ņevskis no cita viedokļa skaidro arī to faktoru grupu, kas saistīta ar balto nakšu parādīšanos, t. i., debess spīdēšanu Eiropā un Āzijā tūlīt pēc Tunguskas katastrofas. Pēc viņa domām, līdzšinējais pieņēmums, ka to cēlonis ir kosmiskie putekļi, kuri atstarojuši Saules starus, nav pareizs, jo eksplozijas laikā radušies putekļi nevarēja dažu stundu laikā izplatīties no Jeņisejas krastiem līdz Reinai. A. Ņevskis uzskata, ka nakts debess spīdēšanai ir bijusi elektriska daba — spīdējusi jonosfēra, ko perturbējis kosmiskā ķermeņa lidojums un eksplozija. Šo domu daļēji apstiprina novērojumi 1984. gada 16. novembrī, amerikāņu kosmiskajam kuģim «Discovery» atgriežoties no kosmosa. Iedrāzdamies Zemes atmosfērā ar ātrumu, kas gandrīz 16 reizes pārsniedza skaņas izplatīšanās ātrumu (ap-

mēram 5 km/s), tas ap 60 km augstumā bija redzams kā liela uzgusis bumba ar plašu asti un izraisīja anomāli ilgu augšējo atmosfēras slāņu spīdēšanu.

A. Ņevska hipotēze, kā redzējām, dod iespēju visai pamatoti un, galvenais, neizvirzot nekādus ekstravagantus pieņēmumus, izskaidrot daudzas ar Tunguskas fenomenu saistītas līdz šim neizskaidrotas parādības. Vai tagad varam uzskatīt, ka Tunguskas fenomena noslēpums ir atminēts? Nē! Tā pagaidām jo-projām ir tikai hipotēze, lai arī labāk (turklāt tikai uz labi zināmām fizikālām likumsakarībām) pamatota nekā citas līdz šim izvirzītās, no kurām, izņemot meteorīta hipotēzi, liela daļa, to vidū arī ar kodolzinātņu aprīkota NLO avārija Zemes atmosfērā, Melno sadursme ar miniatūru melno caurumu, antiivielas gabaliņu, plazmoīdiem, kas atrāvušies no Saules, u. c., ir diezgan eksotiskas un, sīkāk analizējot, izrādās mazāk piemērotas tās vai citas ar Tunguskas fenomenu saistītas parādības izskaidrošanai. A. Ņevska hipotēzes pilnīgai atzīšanai nepieciešami vēl daudzi detalizēti modeļaprēķini un pētījumi, saskaņošana ar jau zināmiem un vēl nezināmiem faktiem, no kuriem daži var izrādīties pavisam negaidīti. Kādi būs šī izziņas procesa rezultāti — apstiprinoši vai noliedzoši —, mēs varam tikai minēt. Taču skaidrs ir viens: aplūkotā hipotēze ir jauns un ļoti nopietns solis pretī šīs «gadsimta mīklas» atminēšanai.

A. Balklavs



SAULES NOVĒROJUMI AR RATAN-600 AUTOMĀTISKĀ REŽĪMĀ

1987. gada augusta beigās un septembrī Ziemeļkaukāzā četri Latvijas PSR ZA Radioastrofizikas observatorijas darbinieki un divi Latvijas Valsts universitātes studenti veica Saules novērojumus ar radioteleskopu RATAN-600. Tāpat kā 1984. gadā (sk.: Drelnieks E., Nāgelis J., Rjabovs B. Saules novērojumi ar RATAN-600. — Zvaigžņotā Debess, 1985. gada rudens, 25.—28. lpp.), novērojumus automātiski reģistrēja elektroniskā skaitļošanas mašīna. Tās nepieciešamību nosaka reģistrējamās informācijas milzīgais apjoms un operāciju izpildes lielais ātrums. Novērotājs, piemēram, nevar paspēt savlaicīgi pārslēgt pastiprinājumus radiostarojuma uztvērējiem. Pat ja novērojumu laikā uz Saules nenotiek uzliesmojumi, reģistrētā radiostarojuma līmenis mainās desmitkārtīgi reizi grūti paredzamā veidā. Straujā temperatūras paaugstināšanās Saules atmosfēras aktīvajos apgabalos un magnētisko spēka līniju konfigurācijas izmaiņas izraisa starojuma līmeņa un polarizācijas zīmes krasas izmaiņas šā apgabala radiostarojumā. Lai gan pieredzējuši novērotāji bieži vien visai veiksmīgi paredzēja starojuma līmeņa izmaiņas, daļa derīgās informācijas tomēr neglābjami gāja zudumā. Tā, sākot ar 1982. gada jūliju, radioteleskopa RATAN-600 Saules novērojumos sāka izmantot datu automātiskās reģistrācijas kompleksu, kas parādīts 1. attēlā.

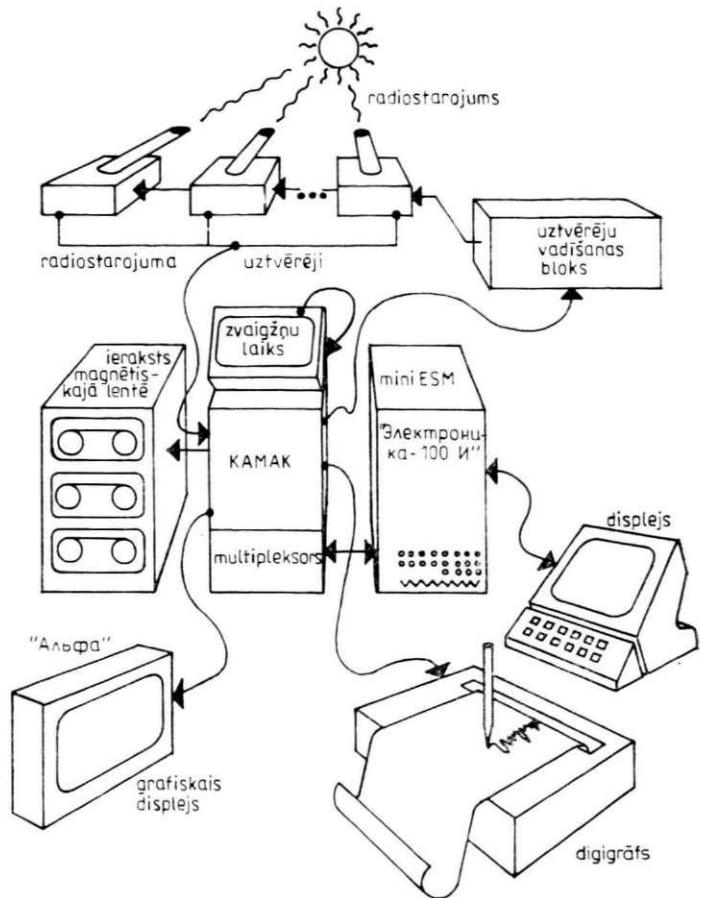
Galvenās kompleksa sastāvdaļas — miniESM «Elektronika 100 I», kas vada visas operācijas, un komutācijas statnis KAMAK, kas saista ESM ar uztvērējaparātūru. Novērotājs, kas vienlaikus ir ESM operators, darbojoties ar displeja kla-

viatūru, ievada ESM atmiņā novērojumu objekta nosaukumu un koordinātas. Pārējās operācijas — uztvērēju pastiprinājuma izvēli, uztvērēja ieslēgšanu un izslēgšanu, reģistrētā radiosignāla ierakstu magnētiskajā lentē, signāla sākotnējo apstrādi un Saules radioattēla parādīšanu uz grafiskā displeja «Alfa» — veic pati ESM.

Kā miniESM tiek galā ar novērotāja (operatora) dotajiem uzdevumiem, ir atkarīgs no tā, cik komplicēta ir vadošā monitorprogramma, kas atrodas ESM atmiņā. Šī programma ne tikai uzkrāj radiosignālus, bet arī vada radiostarojuma uztvērējus, imitējot novērotāja rīcību īpašās situācijās. Monitorprogramma izvēlas optimālo darba režīmu, kas arī nosaka zināmu kompleksa «intelektu». Lai radiosignālu uztveršanu saistītu ar reālu laika mērogu, uz KAMAK statņa pienāk precīzi zvaigžņu laika impulsi.

Visu ESM informāciju var iedalīt pamatinformācijā un vadības informācijā. Pamatinformācija — uztvertais Saules radiostarojums — KAMAK statnī tiek pārveidota ciparu izteiksmē un nonāk ESM atmiņā. Te informācija tiek uzkrāta, izšķirota un caur KAMAK nosūtīta ierakstīšanai magnētiskajā lentē. Novērotāja (operatora) kontaktu ar vadības programmu nodrošina dialogs ar ESM, izmantojot displeju.

Kā rāda kompleksa lietošanas pieredze, mašīnai var uzticēt daudz ko. Protams, tehniskās kļūmes kompleksa sistēmā novērs cilvēks. ESM pagaidām nevar veikt detalizētu Saules radioattēla analīzi. Šajā gadā paredzēts kompleksā ieviest jaudīgāku ESM — «Elektronika-60»; līdz ar to būs iespējams vadības programmu pada-



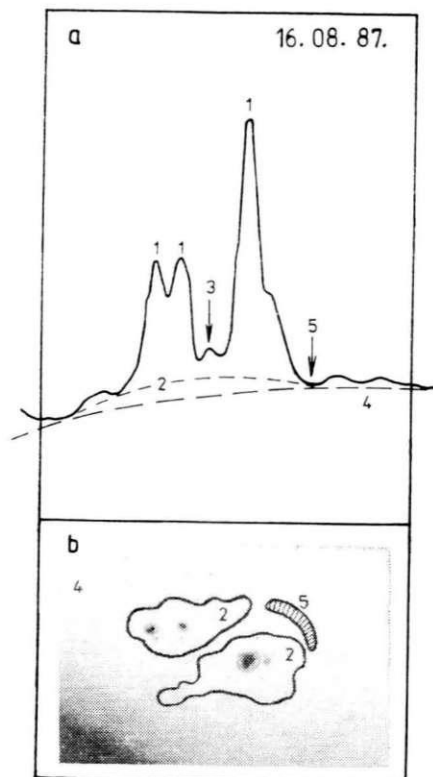
1. att. Sešpadsmitkanālu intelektuālais automātiskās reģistrācijas komplekss IKAR-16 Saules novērojumiem ar radioteleskopu RATAN-600.

rīt vēl komplicētāku un pilnīgāku. Tiek plānots mašīnai uzticēt arī daudzus astrofizikālās analīzes uzdevumus.

Atšķirībā no 1984. gada novērojumiem šoreiz netika novērotas ne šķiedras (protuberances, kas redzamas projekcijā uz Saules diska), ne koronālie caurumi. Iepriekšējie novērojumi notika Saules aktivitātes cikla minimuma stadijā, bet no 1986. gada Saules aktivitāte pieaug (maksimums būs 1990. gadā), un katru dienu uz Saules diska atradās vidēji trīs plankumu grupas. Plankumu grupas ir Saules aktīvo apgabalu pamatsastāvdaļa. Šiem aktīvajiem apgabaliem raksturīgs intensīvs radiostarojums, kas dominēja decimetru viļņu diapazonā un neļāva konstatēt koronālos caurumus, kuri vislabāk saskatāmi tieši

šajos radioviļņos. Savukārt, šķiedras ir objekti, kuru radiostarojumam piemīt niecīgs kontrasts; lai šķiedru varētu saskatīt, nepieciešams izdevīgs tās novietojums attiecībā pret radioteleskopa virziena diagrammu. Šoreiz šķiedru novietojums bija nelabvēlīgs.

Galvenais novērojumu objekts bija Saules aktīvie apgabali, kuru centrā atrodas parasti divi pretējās polaritātes plankumi. Bieži vien plankumu ir vairāk — līdz vairākiem desmitiem — un tie veido sarežģītu multipolu magnētiskā lauka konfigurāciju. Plankumus aptver fotosfēras lāpas, bet virs tām — hromosfērā — ir izvietotas t. s. flokulas. Gan lāpas, gan flokulas ir apgabali ar paaugstinātu vielas blīvumu un temperatūru, tāpēc Saules optiskajās fotogrāfijās tās



2. att. Saules aktīvais apgabals № 70: a — radioattēls 3,2 cm viļņu garumam, iegūts ar radioteleskopu RATAN-600 (1 — plankumu starojums, 2 — flokulas starojums, 3 — starpplankumu komponente, 4 — «mierīgās Saules» līmenis, 5 — šķiedras izraisīta starojuma līmeņa pazemināšanās); b — optiskais attēls, iegūts Kislovodskas kalnu astronomiskajā stacijā. Redzama Saules DA mala.

redzamas kā spilgti, neregulāri, tumšos plankumus aptveroši laukumi. Aktīvo apgabalu magnētiskie lauki arī koronā var veidot objektus — koronālās kondensācijas, protuberances, starus. Atšķirīgs ir dažādu aktīvā apgabala objektu dzīves laiks: plankumi pastāv vienu divus Saules apgriezienus (mūsu novērojumos ilgāk saglabājās plankums, kas, Saulei rotējot, atradās grupas priekšgalā), flokulas — apmēram četrus apgriezienus, bet šķiedras var pastāvēt pat 10 Saules apgriezienus ilgi.

Tā kā katram aktīvā apgabala objektam ir savi fizikālie parametri — temperatūra, blīvums, magnētiskā lauka intensitāte, izmēri —, tad katrs objekts ģenerē savu specifisku starojumu radiodiapazonā.

Aktīvā apgabala starojumu var sadalīt trijās sastāvdaļās:

1. Kodola komponente jeb plankuma starojums. Radioattēlā parādās kā ass pīķis (2. att.). Starojumu rada elektroni, bremzējoties spēcīgajā magnētiskajā laukā virs plankuma.

2. Flokulas komponente — flokulas starojums. Radioattēlā parādās kā neliela augstuma neregulārs plato. Starojumu rada elektronu bremzēšanās to mijiedarbības laikā blīvajā flokulas plazmā.

3. Starpplankumu komponente — aktīvā apgabala starojuma sastāvdaļa, kas šobrīd ir vismazāk izpētīta. Radioattēlā parādās kā neliels paugurs starpplankumu starojuma pīķiem. Šīs komponentes parādīšanos parasti izskaidro ar elektronu mijiedarbību koronālās kondensācijas plazmā. Koronālās kondensācijas atrodas koronā $2 \cdot 10^4$ — $2 \cdot 10^5$ km augstumā Saules magnētiskā lauka arku virsotnēs. Arkas savieno pretējas polaritātes magnētiskā lauka apgabalus fotosfērā. Koronālās kondensācijas gāze ir 1,5 reizes blīvāka un karstāka nekā apkārtējā korona. Dzīves laiks koronālajai kondensācijai parasti ir vairākas dienas, taču pastāv arī sporadiskas kondensācijas, kuru rašanās saistīta ar uzliesmojumiem un kuras pastāv ne ilgāk par dažām stundām.

Bieži vien, balstoties uz pašreizējiem priekšstatiem un zināšanām, starpplankumu komponentes starojumu un tā izmaiņas atkarībā no viļņa garuma nevar izskaidrot kā koronālā kondensācijā radušās.

Iespējams, ka trešā veida starojums var rasties arī apgabalos, kur notiek strauja Saules atmosfēras gāzes temperatūras paaugstināšanās un elektronu pātrināšanās līdz ļoti lieliem ātrumiem. Tāpēc starpplankumu komponentes starojuma mehānisma noskaidrošana un saistīšana ar noteiktiem apstākļiem aktīvajā apgabalā ir viens no pašreizējiem Saules atmosfēras pētīnieku uzdevumiem.

J. Nāgelis, B. Rjabovs



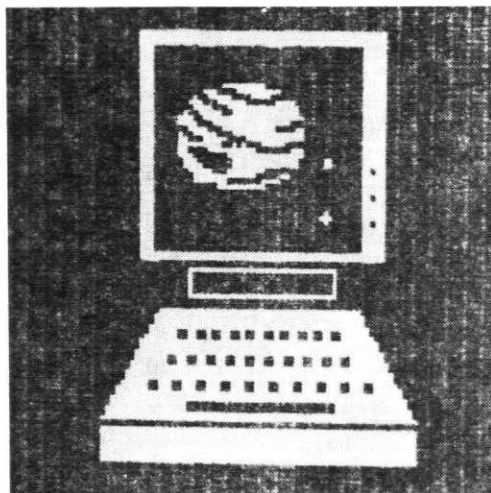
JUPITERA PAVADOŅI SKAITĻOTĀJĀ UN TELESKOPĀ

Jupiters ir viena no spožākajām planētām, ko viegli atrast zvaigžņotajās debesis. Ar vispieticīgāko teleskopu var ieraudzīt arī četrus lielākos tā pavadoņus. Atkārtojot novērojumu pēc vairākām stundām vai pēc dienas, var pamanīt, ka pavadoņi mainījuši izvietojumu attiecībā pret Jupiteru.

Līdz Jupitera iepazīšanai Zeme šķita kā izņēmums ar savu pavadoņi Mēnesi. Jupitera pavadoņu atklāšana ir visuzskatāmākais apstiprinājums kustībai pēc inerces, gravitācijas likumam un daudziem Ņūtona mehānikas secinājumiem. Personālskaitļotājs, balstoties uz debess mehānikas likumiem, ļauj prognozēt Jupitera pavadoņu izvietojumu jebkuram laika momentam. Šo prognožu apstiprināšanās veicina mūsu ticību zinātnei.

GALILEJA ATKLĀTIE PAVADOŅI

Galilejam pieder vairāki atklājumi astronomijā, taču nozīmīgākais no tiem neapšaubāmi ir Jupitera pavadoņu konstatējums 1610. gada sākumā. Viņa rokrakstos atrodami Jupitera četrus pavadoņu izvietojuma zīmējumi parādīti 1. attēlā. Tikai pēc 280 gadiem atklāja Jupitera piekto pavadoņi. Tas palielināja interesi par šo planētu, un mūsu gadsimta sākumā tika pamanīti vēl četri pavadoņi. Tad sekoja atsevišķi atklājumi 1938., 1951. un 1974. gadā. Pēdējos trīs pavadoņus jau atrada ar kosmiskās zondes «Voyager» palīdzību 1979. gadā. «Voyager» uzņēmumi turklāt apstiprināja Kijevas profesora S. Vsehsvjatska hipotēzi par

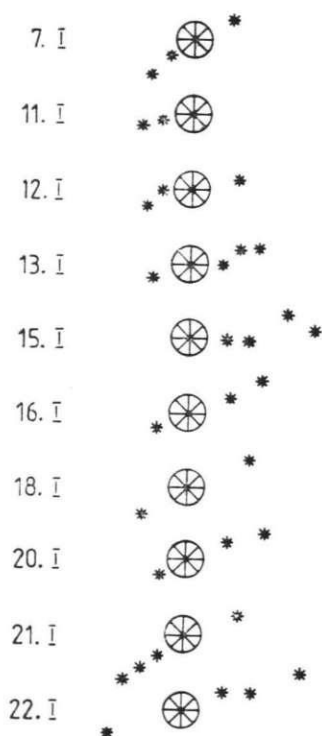


akmeņu un putekļu gredzenu ciešā Jupitera tuvumā. Bet uz pavadoņa Jo tika atklāti darbojošies vulkāni.

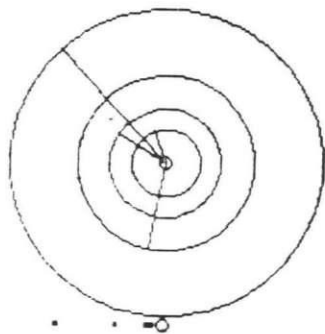
JUPITERA PAVADOŅU REDZAMĀIS IZVIETOJUMS

Labi zinot Saules sistēmas debess ķermeņu kustības likumus, var aprēķināt planētu un to pavadoņu izvietojumu jebkuram laika momentam tagadnē, tuvākajā pagātnē un nākotnē.

Aplūkosim vienkāršotu mūsu problēmas modeli. Pieņemsim, ka Zeme, Jupiters un tā pavadoņi kustas vienā plaknē pa riņķveida orbītām. Tā kā Jupitera pavadoņu orbītu rādiusi ir ļoti mazi salīdzinājumā ar attālumu Zeme—Jupiters, tad pavadoņu redzamo izvietojumu Zemes novērotājam nosaka to kustība ap Jupiteru. Skaitot laiku dienās no gada sākuma,



1. att. Jupitera pavadoņu izvietojums 1610. gadā G. Galileja redzējumā. Galilejs lietoja tiešā skata teleskopu. Astronomiskais teleskops dod spoguļattēlu.



2. att. Jupitera pavadoņu stāvoklis 1989. gada 1. janvārī pl. 22.00 un no Zemes redzamais izvietojums (apakšā) vienkāršotā modeli.

Jupitera pavadoņu leņķisko izvietojumu 1989. gadā var aprēķināt pēc vienkāršām formulām:

$$U1 = 203.41 \times d + 153.3,$$

$$U2 = 101.29 \times d + 208.5,$$

$$U3 = 50.24 \times d + 144.6,$$

$$U4 = 21.49 \times d + 297.1.$$

Zinot šos leņķus, var uzzīmēt pavadoņu izvietojumu ap Jupiteru jebkurai dienai un stundai. Ja novērošanas laiks nav 24, tad dienas numuram gadā jāpieskaita (jāatņem) stundu skaits, dalīts ar 24. Piemēram, ja novērojumu veic 1989. gada 1. janvārī pl. 22.00, tad $d = 1 - (2/24) = 0,9167$.

Pēc 2. attēla parauga var izgatavot papīra modeli un graduēta riņķa centrā ar kniepadatu uzspraust četras bultas, kuru garumi atbilst Jupitera pavadoņu rādiusiem. Leņķus $U1, U2, U3, U4$, kādos jāatrodas bultām vai kādos jāiezīmē punkti, var aprēķināt ar visparastāko kabatas skaitļotāju. Līdz ar to būs iegūts pavadoņu redzamā izvietojuma atainojums. Ja ir skaitļotājs, ar kuru var rēķināt trigonometrisko funkciju vērtības, tad pavadoņu izvietojumu var aprēķināt:

$$X1 = 5.9 \times \sin(U1),$$

$$X2 = 9.4 \times \sin(U2),$$

$$X3 = 15 \times \sin(U3),$$

$$X4 = 26.4 \times \sin(U4).$$

Skaitliskie reizinātāji ir pavadoņu orbītu rādiusi Jupitera rādiusa vienībās. Pavadoņu redzamo izvietojumu vislabāk zīmēt uz milimetra papīra. Piemērs 1989. gada 1. janvārim dots 2. attēlā.

Pilnīgākā modeli jāņem vērā, ka Zeme, Jupitera un tā pavadoņu kustas trīs dažādās plaknēs un pats novērotājs rotē ap Zemes asi vēl citā plaknē. Vienādojumi, kuros ņemts vērā gan tas, gan arī debess ķermeņu kustības nevienmērīgums, atrodami debess mehānikas grāmatās, piemēram, Z. Mēusa «Astronomical formulae for calculators», kas tagad iznākusi arī mūsu valstī krievu valodā.* Šajā grāmatā doto rēķināšanas algoritmu mēs pārtulkojam beigās.

* М е ё с Ж. Астрономические формулы для калькуляторов. М.: Мир, 1988. 168 с.

ALGORITMS UN PROGRAMMA BEISIKĀ

Lai programma būtu uzskatāma, analizējama un nākotnē papildināma, tā jāveido struktūrēta. Pirmkārt, tā jāsadala pamatprogrammā un paligprogrammās. Pamatprogramma paredz pēc lietotāja vēlēšanās izmantot paligprogrammas. Otrkārt, šāda programmas struktūra ļauj strādāt ar paligprogrammām jebkurā secībā, ļauj darboties vairākiem cilvēkiem vienlaicīgi. Pielikumā dotā programma satur tikai paligprogrammas INFORMĀCIJA un KOORDINĀTAS. Citas lasītājs var izstrādāt pats.

Programmas struktūru pierakstīsim algoritmiskajā valodā:

algoritms: Jupitera pavadoņi
sākums

atkārtot

```
raksti «1 — informācija
      2 — Jupitera pavadoņu
      koordinātas
      3 — Jupitera pavadoņu
      redzamais izvietojums
      4 — rezultātu izdrukāšana
      9 — beigas
Ievadi interesējošo numuru!»
```

lasi a

izvēle

```
pie a=1: INFORMĀCIJA
pie a=2: KOORDINĀTAS
pie a=3: ATTELS
pie a=4: DRUKA
```

viss

PAUZE

līdz a=9

beigas

Pirmā komanda — «raksti» — nodrošina pēdējās ietvertā teksta parādīšanu uz ekrāna. Otrā komanda — «lasi» — pieņem lietotāja atbildi. Izvēles komanda nodrošina vajadzīgās paligprogrammas izmantošanu. Pēc paligprogrammas izpildīšanas skaitļotājs atkārtoti piedāvās izvēli. Kad lietotājs katalogā izvēliesies 9. punktu, izvēles komanda netiks izpildīta un programma beigs darboties. Paligprogramma PAUZE ļauj nesteidzīgi lasīt ekrāna saturu.

Salīdzinot algoritmu ar pielikumā doto beisika programmu, var noskaidrot, kā atsevišķas komandas tiek tulkotas. Paligprogramma INFORMĀCIJA izvada tikai tekstu, kas iepazīstina ar programmas mērķi un sniedz informāciju par pētāmo objektu. Programmas sastādītājs nosaka izvadāmā teksta saturu. Mēs piedāvājam tekstu, kas parādīts 3. attēlā.

Paligprogramma KOORDINĀTAS sākas ar dialogu, kurā tiek noskaidrots novērošanas laiks. Pēc tam seko Jūlija dienas (JN) noteikšana un laika (D) noteikšana kopš 1899. gada 31. decembra pl. 12.00. Tad — Z. Mēusa algoritms, kas satur jau iepazītus lielumus U(1), U(2), U(3), U(4), X(1), X(2), X(3), X(4) un starplielumus.

DARBS

AR GATAVU PROGRAMMU

Ja jūsu personālskaitļotājam ir beisika translators, tad ievadiet pielikumā doto programmu. Protams, jums jāievēro sava beisika īpatnības. Piemēram, PAUZES programmēšanā jāizmanto komanda INKEY\$, kas jūsu beisika versijā var nebūt vai var tikt izpildīta citādi. Kad programma ievadīta, pārbaudiet to. Dodot komandu RUN, uz ekrāna parādās katalogs. Ja izvēlas kataloga pirmo pun-

```
JUPITERAM IR 15 PAVADOŅI. LIELĀ-
KOS 4 ATKLĀJA G.GALILEJS 1610.G.
JANVĀRĪ. PAVADOŅU NOSAUKUMS,
ZVAIGZŅU LIELUMS, ATTĀLUMS LĪDZ
JUPITERAM UN DIAMETRS KM, APRĪP-
KOŠANAS PERIODS DIENĀS IR ŠĀDI:
```

JO	4.0	422000	3640	1.769
EIROPA	5.2	671000	3130	3.551
GANIMEDS	4.5	1070000	5280	7.155
KALLISTO	5.5	1881000	4840	16.689

PĒC IZLASĪŠANAS NOSPIED JEBKURU
TAUSTĪNU!

3. att. Teksts, kuru uz ekrāna izvada paligprogramma INFOR-
MĀCIJA.

ktu, uz ekrāna tiek izvadīts teksts, kas dots 3. attēlā. Kad tas izlasīts, var nospiegt jebkuru taustiņu un programma ekrānu attīrīs un atkal parādīs katalogu. Tagad var izvēlēties otro punktu. Pārbaudei ņemiet 1988. gada 1. novembra pl. 22.00. Uz ekrāna jāveidojas šādam dialogam:

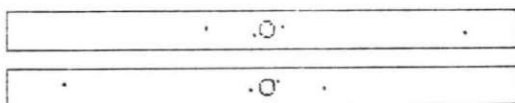
Gads, mēnesis, diena: 1988, 11, 1
 Vasaras laiks — 1, citādi — 0:0
 Stunda, minūte: 22,0

Pēc dažām sekundēm uz ekrāna jāparādās kontrolskaitļiem (šeit tiek doti noapaļoti skaitļi):

1. pavadonis	$U(1)=160^\circ$
2. pavadonis	$U(2)=231^\circ$
3. pavadonis	$U(3)=354^\circ$
4. pavadonis	$U(4)=74^\circ$

$X(1)=2.01$	$Y(1)=0.31$
$X(2)=-7.29$	$Y(2)=0.33$
$X(3)=-1.47$	$Y(3)=-0.83$
$X(4)=25.14$	$Y(4)=-0.41$

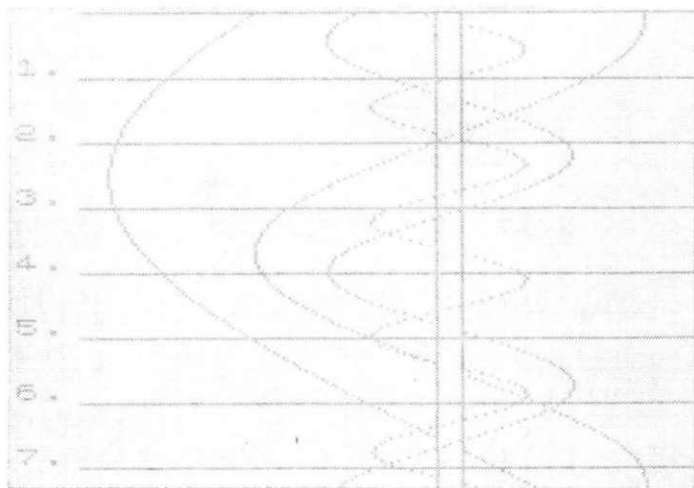
Uzzīmējot pavadoņu koordinātas (X , Y) uz milimetra papīra, jāiegūst to redzamais izvietojums ap Jupiteru (4. att.). Ja jūsu skaitļotājam ir zīmēšanas komandas, tad izstrādāriet palīgprogrammu ATTELS, kas pavadoņu redzamo izvietojumu parāda uz ekrāna. Šo palīgprogrammu var izveidot tā, ka X un Y



4. att. Jupitera pavadoņu redzamais izvietojums 1988. gada 1. novembrī pl. 22.00 binokli (augšā) un astronomiskajā teleskopā (apakšā).

tiek rēķināti kādam ilgākam laika intervālam ik pa 2, 3 vai 4 stundām. Tad, izvadot zīmējumu uz ekrāna vai uz drukas iekārtu, var iegūt 5. attēlā doto grafiku. Tas sniedz priekšstatu par pavadoņu redzamā izvietojuma maiņu laika gaitā. Līdzīgus attēlus publicē astronomiskie kalendāri.

Programma ne tikai palīdz, gatavojoties novērojumiem, — to var izmantot arī interesantiem vēstures ekskursiem. Aprēķiniet ar programmu Jupitera pavadoņu redzamo izvietojumu 1610. gada janvārim datumos, kuros novērojumus veica G. Galilejs. Noskaidrojiet, kāpēc 7., 11., 12., 16., 18., 20. janvāra novērojumos Galilejs nav uzzīmējis visus četrus pavadoņus (šo uzdevumu mums ierosināja VDR Berlīnes Lielā Ceisa planetārija tehniskais vadītājs E. Rotenbergs). Vēlam labu veiksmi!



5. att. Jupitera pavadoņu redzamā izvietojuma maiņa 1988. gada 1.—7. novembrī katrā veselā stundā.

Pielikums

```

90 ***** PAMATPROGRAMMA 100-200 *****
100 DIM U(4),R(4),X(4),Y(4)
110 CLS ***** ATKARTOJUMA SAKUMS ***
120 PRINT "1 - INFORMACIJA" * TAB(64) "2 - KOO
RDINATAS" * TAB(64) "9 - BEIGAS" * TAB(128)
"IEVADI INTERESEJOSU NUMURU!"
130 INPUT N
140 IF NOT (N=1 OR N=2 OR N=3 OR N=9) THEN
130
150 CLS ***** IZVELES KOMANDA 160-170 ***
160 IF N=1 THEN GOSUB 1000
170 IF N=2 THEN GOSUB 2000
180 IF NOT N=9 THEN GOSUB 250 ***** PAUZE
190 IF NOT N=9 THEN 110 ***** ATKARTOJUMS
200 END ***** PROGRAMMAS BEIGAS ***
250 REM ***** PALIGPROGRAMMA PAUZE ***
260 PRINT TAB(64) "PEC IZLASISANAS HOSPTED
JEBKURU TAUSTINU!"
270 IF INKEY="" THEN 270
280 RETURN
1000 REM ***** INFORMACIJA 1010-1080 ***
1010 PRINT "RINDAS 1010-1070 TEKSTS PEC
PASA VELESANAS; PIEM. KA 4.ATT."
1080 RETURN
2000 REM ***** KOORDINATAS ***
2010 REM ***** NOVEROSANAS LAIKA IEVADISANA **
2020 INPUT "GADS, MENEBIS, DIENA" * GX, * MX, * BX
2030 INPUT "VASARAS LAIKS - 1, CITADI - 0" * SX
2040 IF SX(0) AND SX(1) THEN 2030
2050 INPUT "STUNDA, MINUTE" * STX, * MINX
2060 JD=BX+(MINX/60+STX-SX-3)/24
2070 REM ***** JULIJA DATUMA APREKINASANA ***
2080 PRINT "DATUMS:" * STR*(GX) * "." * STR*(MX) *
" " * STR*(BX) * "PL." * STR*(STX) * "h" * STR*(
MINX) * "m"
2090 SX=INT((12-MX)/10)
2100 JGX=GX-SX
2110 JMX=MX+12*SX
2120 BX=2+INT((INT(JGX/100))/4)-INT(JGX/100)
2130 JN=JD+BX+INT(365.25*JGX)+INT(30.6001*(J
MX+1))+1720994.5
2140 U=JN-2415020
2150 V=2.34974+.00001947561*D
2160 H=6.256587+.01720197*D
2170 M=N-INT(M/(2*PI))*2*PI
2180 N=3.93272+.00145011*D+.005759587*SIN(U)
2190 N=N-INT(N/(2*PI))*2*PI
2200 J=3.86847+.01575191*D-.005759587*SIN(V)
2210 J=J-INT(J/(2*PI))*2*PI
2220 A=.03344051*SIN(H)+.000349066*SIN(2*M)
2230 B=.09690068*SIN(N)+.0029147*SIN(2*N)
2240 K=J+A-B
2250 RE=1.00014-.0167*COS(H)-.00014*COS(2*M)
2260 RJ=5.20867-.25192*COS(N)-.0061*COS(2*N)
2270 DJ=SQR(RE*RE+RJ*RJ-2*RE*RJ*COS(K))
2280 P=RE*SIN(K)/DJ
2290 F=ATN(P/SQR(1-P*P))
2300 L=4.15476+.0014502*D+.00575959*SIN(U)+B
2310 L=L-INT(L/(2*PI))*2*PI
2320 DE=.0535816*SIN((L+.7767))
2340 DE=DE-.03752458*SIN(P)*COS(L+.4189)
2350 DE=DE-.0228638*(RJ-DJ)*SIN(L-1.7349)/DJ
2360 D0=D-DJ/173
2370 DF=P-B
2380 U(1)=1.47568635+3.55010203*D0+DF
2390 U(2)=-.724337819+1.76787249*D0+DF
2400 U(3)=1.91946075+.876757718*D0+DF
2410 U(4)=3.07803023+.375036004*D0+DF
2420 FOR NN=1 TO 4
2430 U(NN)=U(NN)-INT(U(NN)/(2*PI))*2*PI
2440 NEXT NN
2450 G=3.26900169+.07808691*D0
2460 H=3.4297193+.376454063*D0
2470 U(1)=U(1)+.008237954*SIN(2*(U(1)-U(2)))
2480 U(2)=U(2)+.018727383*SIN(2*(U(2)-U(3)))
2490 U(3)=U(3)+.0030368729*SIN(G)
2500 U(4)=U(4)+.0147480322*SIN(H)
2510 R(1)=5.9061-.0244*COS(2*(U(1)-U(2)))
2520 R(2)=9.3972-.0889*COS(2*(U(2)-U(3)))
2530 R(3)=14.9894-.0227*COS(G)
2540 R(4)=26.3649-.1944*COS(H)
2550 FOR NN=1 TO 4
2560 X(NN)=R(NN)*SIN(U(NN))
2570 Y(NN)=-R(NN)*COS(U(NN))*SIN(DE)
2580 PRINT TAB(1) * NN * TAB(2) ". pavadonis: U=" *
TAB(18) * 0.1 * INT(U(NN) * 1000 / PI) * TAB(28)
"X=" * 10.01 * INT(X(NN) * 100) * TAB(38) "Y=" *
10.01 * INT(Y(NN) * 100)
2590 PRINT TAB(1) *
2600 NEXT NN
2610 RETURN

```

T. Romanovskis,
A. Raudis



DECIMĀLZĪMJU MEDĪBAS 30 GADSIMTOS JEB SKAITĻA π VĒSTURE

Godā tos, kas centušies paveikt lielus darbus, — pat tad, ja viņiem tas nav izdevies.

Seneka

Tagad vairs nevar izsekot un precīzi pateikt, kādā veidā un kad tika atklāts skaitlis, kuru apzīmē ar burtu π , t. i., riņķa līnijas garuma attiecība pret tās diametru. Atziņa par to, ka riņķa līnija satur apmēram trīs diametrus, tika nodota no paaudzes paaudzei. To izmantoja gan ratnieks, lai pagatavotu koka riteni ratiem, gan podnieks, mērot poda apkārtmēru zīmējuma sagatavošanai, utt. Tātad skaitlis π pievērsis sev cilvēku uzmanību jau tad, kad viņi vēl neprata rakstīt. Iepazīstoties ar pirmajiem naturālajiem skaitļiem, kas palīdzēja novērtēt priekšmetu skaitu, to garumu, lielumumu, tilpumu un citas īpašības, cilvēki iepazīnās arī ar skaitli π . Toreiz gan to, protams, vēl neapzīmēja ar šādu simbolu un tā vērtību aptuveni pieņēma vienādu ar 3.

Kad cilvēce apguva rakstību un sāka pierakstīt savus novērojumus, parādījās arī pirmās rakstītās ziņas par skaitli π . No dažādiem laikiem un dažādās valodās saglabājušies pieraksti, kas liecina, ka ar skaitli π saistītās atziņas bija tā vērtas, lai tās atzīmētu un saglabātu. Tā, piemēram, Mezopotāmijā atrastajās apdedzinātā māla plāksnītēs atrasts šāda rakstura ieraksts: «Ja 60 ir aploce, tad trešā daļa no 60 ir 20. Tas ir aploces diametrs.» Šī pati attiecība, izteikta līdzīgā formā, sastopama uzdevumos, kurus var atrast vissenākajos ēģiptiešu un indiešu papirusos, ķīniešu

grāmatās un citur. Pilnveidojot mērīšanu, ēģiptieši drīz vien atklāja, ka aploces garums nav tieši vienāds ar trim diametriem, t. i., ka skaitlis π nav tieši vienāds ar trīs, bet gan ir nedaudz lielāks. Pie šāda secinājuma varēja nonākt tikai tad, kad veselo naturālo skaitļu jēdzienam tika pievienots vēl arī daļskaitļu jēdziens. Šis atklājums ēģiptiešos radīja neticību daudzām viņu priekšteču atklātajām likumsakarībām. Ēģiptieši vēl kādu laiku centās saglabāt skaitlim π vērtību trīs. Tā sākās ilgstoša cīņa starp vecajām tradīcijām un jaunajām zinātniskajām idejām. Ēģiptieši jo-projām ticēja, ka pastāv nemainīga attiecība starp aploces garumu un diametru, un centās to noteikt. Tas redzams no dažādiem aprēķiniem, kuri atšifrēti vairākos rakstu pieminekļos, piemēram, Rinda papirusā, kuru sastādījis Ahmess ap 1660. gadu pirms mūsu ēras.

Laikam ritot, radās arvien vairāk jautājumu par skaitļa π raksturu. Šeit īpaša loma bija tā sauktajai riņķa kvadrātūras problēmai: izmantojot tikai cirkuli un lineālu, atrast malas garumu tādām kvadrātam, kura laukums būtu vienāds ar dotā riņķa laukumu.

Riņķa kvadrātūra kļuva par kaislību objektu ne tikai matemātiķiem, bet arī nematemātiķiem; daudzi šai problēmai veltījuši pat visu dzīvi. Šos cilvēkus mēdza saukt par kvadrātūristiem. Vēl mūsdienās dažkārt uz-

skata, ka riņķa kvadrāturai piemīt kaut kas noslēpumains. Protams, būtībā nekā mistiska te nav, taču šī problēma cieši saistīta ar skaitļa π aprēķinu. Kā tagad retrospektīvi varam pārliecināties, tas veicinājis dažādu matemātisku aprēķinu metožu attīstību.

Sodien mēs zinām, ka skaitļa π aptuvena vērtība ir 3,14. Zinām arī, ka jebkurš decimālmāzīmju skaits dod tikai vairāk vai mazāk tuvinātu π vērtību. Bet ceļš līdz šim atklājumam bija ilgs un grūts, tas prasīja turpat 30 gadsimtus.

Izsekot skaitļa π aprēķina sākotnējiem mēģinājumiem ir samērā grūti tādēļ, ka senlaikos zinātnieki turēja lielā slepenībā savus aprēķinus un to metodes. Tolaik ar matemātiku nodarbojās tikai nedaudz izredzēti cilvēki. Matemātika bieži vien bija noslēpumainība tīta, un tās rezultātus no paaudzes uz paaudzi nodeva, kā saka, no mutes mutē. Nekur rakstiski netika izklāstīti principi, pēc kuriem rezultāti iegūti. Šis noslēpumainības oreols bieži vien negatīvi ietekmēja zinātnes attīstību kopumā.

Tomēr no mūsdienu viedokļa var saskatīt dažas īpatnības atsevišķu tālaika matemātisko skolu darbībā. Ēģiptiešu vai babiloniešu matemātika galvenokārt reducējās uz empīriskā veidā formulētām receptēm, kuru būtība izsakāma šādi: «dari tā». Tas bija kaut kas līdzīgs mūsdienu algoritmam. No mums pieejamiem atstātajiem dokumentiem nav pat skaidrs, cik lielā mērā seno Austrumu matemātiķi izprata skaitļu vai geometrisku figūru abstrakto raksturu. Nevaram arī precīzi pateikt, kādā veidā ēģiptiešu matemātiskās zināšanas kļuva zināmas grieķu domātājiem, kuri aizsāka jaunu posmu matemātikas attīstībā. Senie grieķi matemātiku izkopa daudz abstraktāku. Atsevišķu konkrētu objektu vietā viņi jau aplūkoja abstraktus veidojumus. Senos grieķus neapmierināja ēģiptiešu algoritms «dari tā», un viņi izvirzīja tā vietā citu: «kāpēc jādara tā?».

Antīkās pasaules matemātiķis Arhimēds (ap 287.—212. g.p.m.ē.), šķiet, bija pirmais, kas riņķi aplūkoja kā robežu daudzstūrim, kurš ievilkts riņķī vai apvilks tam, ja neierobežoti pieaug daudzstūra malu skaits. Izmantojot re-

gulāru daudzstūri, kura malu skaits ir 96, un ņemot dažādus riņķa diametrus, Arhimēds tuvināti aprēķināja riņķa līnijas garumu. Aprēķinu rezultātā viņš ieguva šādu novērtējumu:

$$3,140 < \pi < 3,142.$$

Tā kā jau ēģiptieši zināja, ka $\pi = 3,16$, tad, izrādās, gandrīz pusotra tūkstoša gadu laikā rezultāts bija precīzēts tikai par divām simtdaļām. Ir ziņas, ka vienam no pēdējiem antīkās pasaules lielajiem geometriem — Apollonijam — izdevies aprēķināt skaitļa π pirmās četras decimālzīmes, tomēr tiešu pierādījumu nav, jo daudzi viņa darbi pazuduši.

Romieši praksē gan izmantoja matemātikas sasniegumus, tomēr paši gandrīz neko jaunu matemātikai nav devuši. Tā, piemēram, ievērojamā romiešu zinātnieka Vitruvija grāmatā teikts, ka riņķa līnijas garuma attiecība pret diametru ir vienāda ar 3. Grāmatas autoram vienkāršāk līces izklāstīt rezultātus, kurus ieguvuši ēģiptieši pirms apmēram divtūkstoš gadiem, nekā Arhimēda atzinumus, lai gan Arhimēds dzīvojis tikai ap divsimt gadu pirms viņa. Līdz pat 5. gadsimtam, kad Romas impērijas rietumdaļu iekaroja slavu un ģermāņu ciltis, Eiropā praktiski netika uzrakstīta neviena grāmata, kurā kaut būtu pieminēti Arhimēda aprēķini sakarā ar skaitli π .

Jaunajā kultūrā, kura izveidojās viduslaikos galvenokārt Rietumeiropā, pakāpeniski pieauga interese par matemātiku. Tieši Rietumeiropā, kur kvēloja inkvizīcijas sarti, domātāji mūku drānās, pakāpeniski apgūstot teorēmu pēc teorēmas, restaurēja novārtā atstāto geometriju. Tas redzams no nedaudzajiem līdz mūsdienām nonākušajiem rokrakstiem. To skaitā ir arī kāds darbs par riņķa kvadrāturu, kura autors ir magīstrs Frankons no Lježas. Šis darbs parāda, kāds bezdibenis atdalīja viduslaiku geometrus no to priekšgājējiem sengrieķiem, cik daudz mānticības un bailu tagad valdīja pār cilvēku prātiem. Gudrs, zinātkārs manuskriptu pārrakstītājs drebēja aiz bailēm, ka grekojis, pārrakstīdams geometriskā rakstura darbu, nevis lūgšanu grāmatu. Pat jau minētais Frankons, viens no tālaika gaišākajiem prātiem, savu darbu katram gadījumam veltīja bīskapam, tā nodrošinādamies pret iespējamiem garīdznieku uzbrukumiem.

Arī senajā Indijā zināšanas sākumā nodeva tālāk tikai mutiski. Lai tās būtu vieglāk iegaumējamas, vajadzīgo tekstu bieži vien izteica dzejas pantos. Rakstiskā veidā zināšanas sāka parādīties tikai apmēram tūkstoš gadu pirms mūsu ēras. Mūsu ēras 4. gadsimtā uzrakstītā indiešu dzejā sastopamas ziņas par mūs interesējošo skaitli: $\pi=3,06$ un $\pi=3,08$. Piektajā gadsimtā, kad Eiropā vēl maz domāja par skaitli π , ievērojamais indiešu domātājs un astronoms Arjabhata savā grāmatā dod vērtības $\pi=3,1416$ un $\pi=3^{17/20}$. No tā izriet, ka ap 5. gadsimtu indieši skaitļa π vērtību zināja labāk nekā eiropieši. Vēl tālāk par indiešiem nonāca ķīnieši. Tā, piemēram, Ļu Huejs, kurš dzīvoja 3. gadsimtā, izmantojot līdzīgu metodi kā pirms piecīsimt gadiem Arhimēds, aplūko daudzstūri ar 192 malām un iegūst $\pi=^{137}/_{50}=3,14$. Piektajā gadsimtā pazīstamais ķīniešu astronoms Czu Cundzi iegūst novērtējumu

$$3,1415926 < \pi < 3,1415927.$$

Diemžēl pēc šiem sasniegumiem kā ķīniešu, tā arī indiešu matemātikā novērojams apstākums.

Sākot ar 8. gadsimtu, daudz interesanta var atrast arābu matemātikā vai, pareizāk sakot, to islama zemju tautu matemātikā, kuras lieto arābu valodu. Cenšoties apmierināt laukopības, amatniecības un tirdzniecības intereses, arābu zemēs matemātika 8.—9. gadsimtā bija sasniegusi daudz augstāku līmeni nekā citās valstīs tajā laikā. Tā, piemēram, 1424. gadā pabeigtajā Gijasedina Džemšīda ibn Masuda al Kašī darbā «Traktāts par riņķa līniju» skaitlim π dotas septiņpadsmit precīzas decimālzīmes aiz komata.

Tagad pievērsīsimies atkal Eiropai. Viens no ievērojamākajiem viduslaiku matemātiķiem — Leonardo Fibonači, kurš ap 1220. gadu sarakstīja savu slavenu darbu «*Practica geometriæ*», skaitlim π dod šādu vērtību intervālu:

$$\frac{1440}{458^{4/9}} < \pi < \frac{1448}{458^{1/5}}.$$

Tas aptuveni atbilst $\pi=3,1418$. Tādējādi Fibonači bija noteicis trīs pirmās decimālzīmes aiz komata. 16. gadsimta beigās holandietis Adrians Antoniss aprēķināja skaitlim π sešas precīzas decimālzīmes: $\pi=3,1415929$. Kā

iepriekš minēts, 5. gadsimtā līdzīgu rezultātu jau bija ieguvuši ķīnieši, taču Eiropā to nezināja. Drīz vien arī šī jaunā π vērtība likās neapmierinoša. 1579. gadā francūzis Fransuā Vjets, izmantojot Arhimēda metodi daudzstūrim, kura stūru skaits bija 393 216, ieguva deviņas precīzas decimālzīmes skaitlim π . Taču ar to kaislības nerimstas. Drīz vien flāmu matemātiķis Adrians van Romens aprēķināja 15 precīzas skaitļa π decimālzīmes, izmantojot šim nolūkam daudzstūri, kura malu skaits ir $2^{30}=1\,073\,741\,824$. Van Romenam vajadzēja veltīt daudzus gadus, lai izdarītu nepieciešamos aprēķinus. Pēc trim gadiem Ludolfs van Kelens, izmantojot daudzstūri ar 32 512 254 720 malām, iegūst 20 precīzas decimālzīmes skaitlim π . Šo rezultātu viņš publicē Delftā 1596. gadā. Pēc nāves viņa rokrakstos atrod atklātas vēl 15 nākamās decimālzīmes. Aprēķinātās decimālzīmes bija Ludolfa sirdij tik tuvas, ka viņš vēlējās, lai tās iecirstu viņa kapa pieminekli. Izcilā skaitļotāja piemiņai skaitli π ilgu laiku sauca par Ludolfa skaitli.

Taču arī Ludolfa rezultāti nevarēja apturēt maratonu pēc decimālzīmēm skaitlim π . Hollandiešu matemātiķis Vilbrods Snells deva dažas teorēmas, kas ievērojami atvieglo Ludolfa aprēķinus. Viņš 1621. gadā pārbauda Ludolfa rezultātus un konstatē, ka tie patiešām ir pareizi. Vēlāk matemātiķi gan konstatēja, ka Snella dotās formulas nav pietiekami pamatotas.

Tālākus uzlabojumus skaitļa π aprēķinu metodikā deva izcilais holandiešu ģeometrs Kristians Heigenss. Izmantojot savas formulas sešstūrim, Heigensam izdevās samērā vienkārši precizēt π pirmās deviņas decimālzīmes. Arī franču matemātiķis Renē Dekarts deva asprātīgu metodi π aprēķinam, taču tā kļuva zināma tikai ap 1701. gadu — pēc viņa nāves —, kad publicēja daļu viņa zinātnisko darbu. Dekarta ieteikto metodi tālāk izpētīja un pilnveidoja slavenais šveiciešu izcelsmes matemātiķis Leonards Eilers. Interesanti, ka tieši Eilers riņķa līnijas garuma attiecībai pret tās diametru ieviesa apzīmējumu π , kuru tagad saucam vienkārši par skaitli π un par kuru ir runa šajā rakstā.

Šeit būtu jāpiebilst, ka pamazām skaitļa π aprēķini no tīri abstrakta izziņas mērķa kļuva par uzdevumu, kuram ir noteikta praktiska nozīme. Ar 17. gadsimtu Eiropā iezīmējās tas laikposms, kad strauji attīstījās ražošanas spēki un tika likti pamati mūsdienu zinātnei un tehnikai. Vajadzēja censties pēc iespējas precīzāk aprēķināt skaitli π , kas ietilpa ne tikai daudzās matemātikas, bet arī fizikas formulās. Tā, piemēram, svārsta perioda T atkarību no tā garuma l un brīvās krišanas paātrinājuma g nosaka pazīstamā formula

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Skaitlim π bija arī svarīga nozīme citās darbības sfērās, piemēram, kuģniecībā meridiāna loka garuma noteikšanā, dažādos aprēķinos, kas saistīti ar sfēras, cilindra un konusa tilpumu, utt.

Matemātikā, kura vienmēr bijusi cieši saistīta ar praktisku uzdevumu risināšanu, situācija ir sevišķi izteikta. Nemsim, piemēram, pie mums, Padomju Savienībā, un arī ārvalstīs labi pazīstamo formulu krājumu Градштейн И. С., Рыжик И. М. Таблицы интегралов сумм, рядов и произведений (М., 1962), kas 1100 lappusēs ietver ap 12 000 formulu. Apmēram 37% šo formulu satur π .

Ir pazīstamas daudzas interesantas skaitļa π aprēķina formulas. Tā, piemēram, jau minētais Vjets, salīdzinot kvadrāta un ap to arvilktā riņķa laukumu attiecību, dod formulu

$$\frac{2}{\pi} = \cos \frac{\pi}{4} \cos \frac{\pi}{8} \cos \frac{\pi}{16} \dots$$

Pārsteidzoši, ka, reizinot bezgala daudzus reizinātājus, iegūstam galīgu skaitli $2/\pi$. Matemātiķi prata pārvarēt šķietamās pretrunas starp galīgo un bezgalīgo ar robežpāreju procedūru. Šī metode, kuru neskaidri bija saskatījis jau Arhimēds, bija plaši izplatīta 17. gadsimtā.

Savukārt angļu matemātiķis Džons Valiss ieguva formulu

$$\frac{\pi}{2} = \frac{2^2 \cdot 4^2 \cdot 6^2 \cdot 8^2 \dots}{1^2 \cdot 3^2 \cdot 5^2 \cdot 7^2 \dots}$$

vai arī veidā

$$\frac{\pi}{2} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 4 \dots}{1 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 5 \dots}$$

Eilers devis formulas

$$\frac{\pi^2}{6} = \frac{2^2}{2^2-1} \cdot \frac{3^2}{3^2-1} \cdot \frac{5^2}{5^2-1} \dots \text{ un}$$

$$\frac{\pi^4}{90} = \frac{2^4}{2^4-1} \cdot \frac{3^4}{3^4-1} \cdot \frac{5^4}{5^4-1} \dots$$

Anglis Viljams Braunkers ieguva izteiksmi skaitlim π nepārtrauktas daļas veidā:

$$\frac{4}{\pi} = 1 + \frac{1}{2 + \frac{3^2}{2 + \frac{5^2}{2 + \frac{7^2}{2 + \frac{9^2}{2 + \dots}}}}}$$

Šī formula pirmoreiz sastopama Džona Valisa 1665. gadā publicētajā grāmatā «Bezgalīgo aritmētika ...» bez jebkāda pierādījuma. Tikai apmēram pēc 120 gadiem tās pierādījumu deva Eilers, kas vienlaicīgi atklāja arī dažas jaunas šāda tipa formulas.

Apmēram pēc divtūkstoš gadiem Arhimēda atrasto bezgalīgo rindu summēšanas metodi, kuru viņš izmantoja paraboliska sektora laukuma noteikšanai, matemātiķi atklāj par jaunu, un tā kļūst ļoti efektīva skaitļa π aprēķinam, lai arī dažkārt tas tieši nebija redzams. Tā, piemēram, Džeimss Gregorijs 1670. gadā atklāja bezgalīgo rindu

$$\arctg x = x - \frac{x^3}{3} + \frac{x^5}{5} - \frac{x^7}{7} + \dots$$

Viņš diemžēl nepamanīja, ka šai rindai ir noteikts sakars ar skaitli π . Tikai pēc trim gadiem vācu zinātnieks Gotfrīds Vilhelms Leibnics atklāja rindu

$$\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \dots$$

kura ir speciālgadījums iepriekšējai rindai, ja $x=1$. Leibnics šo rindu ieguva citādā veidā

nekā Gregorijs. Vēlāk šo pašu Leibnīca rindu atrada arī francūzis Tomā Fantē Lanži, kas turklāt konstatēja, ka tā nav sevišķi piemērota aprēķinam: jau pirmo trīs skaitļa π decimālzīmju atrašanai jāveic ne mazāk kā 300 aritmētisku darbību. Toties izcilā angļu fiziķa un matemātiķa Izaka Ņūtona iegūta rinda

$$\arcsin x = x + \frac{1}{2} \cdot \frac{x^3}{3} + \frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4} \cdot \frac{x^5}{5} + \\ + \frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{2 \cdot 4 \cdot 6} \cdot \frac{x^7}{7} + \dots,$$

ņemot $x = 1/2$, dod skaitļu rindu

$$\frac{\pi}{3} = 1 + \frac{1}{2^3 \cdot 3} + \frac{3}{2^7 \cdot 5} + \frac{5}{2^{10} \cdot 7} + \dots,$$

ar kuru var samērā vienkārši aprēķināt skaitļa pirmās 14 zīmes.

Tādējādi bezgalīgās rindas un to aprēķini dzīšanos pēc skaitļa π decimālzīmēm pārvērta par auļošanu. Matemātiķi fanātiski ķērās pie bezgalīgo rindu tuvināta aprēķina, lai iegūtu arvien lielāku decimālzīmju skaitu. Tā, piemēram, angļis Ābrams Šārps, izmantodams jau minēto Gregorija doto bezgalīgo rindu un ņemdams $x = 1/\sqrt{3}$, atrod

$$\frac{\pi}{6} = \sqrt{\frac{1}{3}} \left(1 - \frac{1}{3 \cdot 3} + \frac{1}{3^2 \cdot 5} - \frac{1}{3^3 \cdot 7} + \dots \right).$$

Summējot viņš iegūst skaitlim π precīzas 72 decimālzīmes! Tā jau ir ista apreibināšanās ar decimālzīmēm. Te var atgādināt, ka, lai aprēķinātu garumu riņķa līnijai, kuras rādiuss ir vienāds ar attālumu no Zemes līdz vistālākajam miglājam, ar precizitāti, mazāku par vienu milimetru, pilnīgi pietiek ar skaitļa π pirmajām 40 decimālzīmēm. Neraugoties uz to, angļu astronoms Džons Mečins, uzzinājis šo Šārpa rezultātu, tulīt ķērās pie darba un izrēķināja 100 decimālzīmes, bet nedaudz vēlāk Lanži ieguva pat 128 decimālzīmes. Vēl pēc neilga laika Eilers, kurš bija pazīstams ne tikai kā izcils matemātiķis, bet arī kā lielisks skaitļotājs, atklāja jau minēto bezgalīgo rindu un, izmantojot to, 80 stundu darbā pārbaudīja Lanži izdarīto 128 decimālzīmju aprēķinus. Eilers atklāja, ka Lanži diemžēl

ielaidis kļūdu 113. decimālzīmē, kura ir nevis 7, bet gan 8.

Ciņa par skaitļa π tālākām decimālzīmēm turpinājās arvien lielākā drudzī. Matemātiķis Vega aprēķina 140 decimālzīmes, no kurām, kā vēlāk noskaidrojās, precīzas ir 136. Viljamss Rezerfords 1841. gadā paziņo, ka aprēķinājis 208 decimālzīmes, bet pēc trim gadiem talantīgais Hamburgas skaitļotājs Z. Daze pierāda, ka Rezerfords kļūdiņies, sākot ar 152. decimālzīmi. Pēc intensīva divu mēnešu darba viņš dod 200 precīzas skaitļa π decimālzīmes. Vēlāk, 1847. gadā, Tomass Klauzens no Tērbatas (Tartu) aprēķina 250 decimālzīmes, no kurām 248 izrādījās precīzas. Jau minētais Daze 1853. gadā iegūst 440 precīzas decimālzīmes, tā pārspēdams Rihteru, kurš apmēram tajā pašā laikā ieguva 330 precīzas decimālzīmes no aprēķinātām 334. Tāgada rekordu uzstāda V. Šenks, iegūdam 607 decimālzīmes. Nākamajā, 1854. gadā Rihters aprēķina precīzas 400 decimālzīmes, apstiprina iepriekšējo aprēķinu pareizību un pēc gada palielina decimālzīmju skaitu līdz 500. V. Šenks 1873. gadā pie tām 607 decimālzīmēm, kuras viņš ieguvis 1853. gadā, pievieno vēl tālākās 100 decimālzīmes. Pirmais Senka darbs parādījās angļu žurnāla «Proceedings of the Royal Society of London» 21. sējumā. Taču šeit trīs decimālzīmes izrādījās nepareizas. To precīzā vērtība tika publicēta žurnāla 22. sējumā tajā pašā 1873. gadā. Diemžēl V. Šenks 520. decimālzīmē bija kļūdiņies, un visa tālākā 707 decimālzīmju «aste» izrādījās nepareiza. Taču šo kļūdu atklāja tikai 1945. gadā. Savukārt 1958. gadā, izmantojot jau elektroniskās skaitļošanas mašīnas, skaitlim π tika iegūtas 10 000 decimālzīmes, turklāt pirmo 3000 decimālzīmju aprēķinam vajadzēja patērēt tikai 10 minūtes mašīnlaika. Vēlāk, pateicoties skaitļošanas tehnikas attīstībai, kā arī iterāciju algoritmu izstrādei, iegūto skaitļa π decimālzīmju skaits ir fantastiski pieaudzis: 1961. gadā — 100 000, 1973. gadā — 1 000 000, 1985. gadā — 10 000 000 un, visbeidzot, 1987. gadā — 100 000 000: Izstrādāts arī algoritms, kā, lietojot kalkulatoru, varētu iegūt pat līdz diviem miljardiem decimāl-

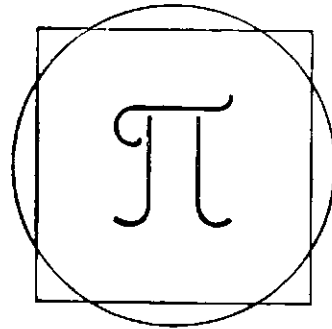
zīmju. Lūk, tāds bija maratons pēc skaitļa π decimālzīmēm, kas ilga turpat 30 gadsimtus.

Kad esam izsekojuši šim vienam skaitļa π aspektam, ir lietderīgi pakavēties arī pie kāda cita. Kā jau bija minēts, skaitlis π ir cieši saistīts ar riņķa kvadrātūras problēmu. Ap 18. gadsimta beigām riņķa kvadrātūra bija nonākusi strupceļā, un 1775. gadā Parīzes Zinātņu akadēmija atteicās turpmāk izskatīt darbus, kas saistīti ar šo problēmu. Ekspertu komisija, kura bija izskatījusi riņķa kvadrātūrai veltītos manuskriptus, tika reorganizēta. Svinīgajā sēdē, kura pieņēma šo lēmumu, ar runu uzstājās pazīstamais Parīzes Zinātņu akadēmijas loceklis un enciklopēdists Mari Zans Antuāns Kondorsē. Pārliecināti parādījis strupceļu, kādā nonākusi riņķa kvadrātūras problēma, viņš atgādināja, ka ar šo jautājumu nodarbojušies daudzi izcili ģeometri, kas līdz ar to bijuši atrauti no lietderīgāka darba. Vēlākajos gados līdzīgus uzskatus izteikuši arī citi slaveni matemātiķi, viņu vidū Dalambērs un Lagranžs. Bija skaidrs, ka, pamatojoties uz tolaik esošajām atziņām, nevar pareizi izprast nedz riņķa kvadrātūras problēmu, nedz arī skaitļa π būtību. Vispirms vajadzēja paplašināt skaitļa jēdzienu. Bija nepieciešama pāreja no negatīviem un imagināriem skaitļiem uz kompleksiem, iracionāliem un transcendentiem skaitļiem. 18. gadsimta pēdējos gados franču matemātiķis Ležandrs savā slavenajā darbā «Ģeometrijas pamati» parādīja, ka skaitlis π ir iracionāls skaitlis.

Kas tad notika tālāk ar riņķa kvadrātūras problēmas risinātājiem — tā sauktajiem kvadrātūristiem? Kondorsē uzstāšanās viņus nebūt nepārliecināja.

Parīzes Zinātņu akadēmija, kā jau teikts, reorganizēja komisiju, kura izskatīja riņķa kvadrātūrai veltītos rokrakstus, nosaucot to par «Pazudušo bērnu komisiju». Kvadrātūristi to uzskatīja par apvainojumu un iesudzēja Zinātņu akadēmiju tiesā.

Te varētu minēt vēl daudzus kuriozus gadījumus. Joprojām klida baumas, ka atsevišķu valstu valdības piedāvājušas lielu atlīdzību par riņķa kvadrātūras problēmas atrisināšanu (tā, piem., 1753. gadā Tībingenē izdotā grāmatā «Augstākā ģeometrija» bija teikts, ka impera-



tors Kārlis V esot apsolījis 100 000 tāleru tam, kas atminēs riņķa kvadrātūras noslēpumu). Kāds astronoms nosūtīja Parīzes Zinātņu akadēmijai savu 1778. gadā izdoto grāmatu par riņķa kvadrātūru cerībā saņemt 50 000 ekiju lielu prēmiju, kura viņam it kā pienāktos. Kad astronoms konstatēja, ka neviens nesteidzas viņam izmaksāt šo naudas summu, viņš iesūdzēja Parīzes Zinātņu akadēmiju tiesā, par galveno vaininieku uzrādīdams ievērojamo franču matemātiķi Dalambēru.

Atradās arī gluži parasti krāpnieki, kas gribēja iedzīvoties uz citu lētīcības rēķina. Divi tādi blēži, piemēram, atvēra savu iestādi — «Riņķa kvadrātūras klubus». Kluba prospektā viņi rakstīja, ka jau kopš pasaules sākuma pastāvošā izmērāma nemainīga riņķa attiecība pret zināmu taisnliniju daudzstūri, kura esot vienāda ar $9 \frac{179}{200}$, — un aicināja par zināmu nau-

das summu izteikt savus pasūtījumus klubam. Atradās diezgan daudz naivu cilvēku, kuri iemaksāja avantūristu pieprasīto summu, bet, protams, tā arī nesagaidīja, kad viņiem beidzot izskaidros, kas īsti ir riņķa kvadrātūra.

Jāteic, ka kvadrātūristi bija sastopami vēl 19. gadsimta otrajā pusē, kad matemātiķu rīcībā jau bija samērā pārliecināti apsvērumi par to, ka riņķa kvadrātūra nav iespējama.

Skaitļa π izpratnes vēsturē sevišķi svarīga nozīme ir 1882. gada 26. novembrim. Šajā dienā jauns Freiburgas universitātes profesors Ferdinands fon Lindemanis matemātikas seminārā, kura tēma bija «Skaitļa π vēsture», pierādīja, ka π ir transcendentis skaitlis. Tā be-

dzās 30 gadsimtu ilgā dzišanās pēc decimālizīmēm. Mūža beigās Lindemanis bija Minhēnes universitātes profesors. Atmiņai par Linde-

maņa nopelniem skaitļa π transcendentā rakstura noskaidrošanā tika izveidota īpaša emblēma (sk. att.).

B. Rolovs

KARTES UN PLĀNI RĪGAS VĒSTURES UN KUĢNIECĪBAS MUZEJĀ

Kartes, plāni, atlanti un globusi izgājuši garu attīstības ceļu, kas vienmēr bijis cieši saistīts ar ražotājspēku un ražošanas attiecību attīstību. Zinātnes un mākslas renesanse allaž izraisījusi arī kartogrāfijas uzplaukumu. Sai ilgajā attīstības posmā uzkrājies bagātīgs kartogrāfijas materiāls. Tas glabājas arhīvos, bibliotēkās, muzejos un citur. Rīgas Vēstures un kuģniecības muzejā kartogrāfijas kolekcija (vairāk nekā 1700 vien.) sāka komplektēt 19. gadsimtā. Tajā glabājas visas pasaules reģionu kartes, plāni un atlanti. Viena no galvenajām kolekcijas tēmām ir Rīga un tās apkārtnē (apmēram 150 vien.). Šajos materiālos sniegta informācija par Rīgas teritorijas administratīvo dalījumu, apbūvi, ekonomisko attīstību, apdzīvotību, toponimiku u. c. nozarēm.

Sodien viens no svarīgākajiem uzdevumiem ir iepazīstināt cilvēkus ar šīm bagātībām, tādēļ nepieciešami katalogi un izstādes. Rīgas Vēstures un kuģniecības muzeja bijušais fondu glabātājs Rūdolfs Širants (1910—1985) sagatavoja pirmo Rīgas karšu un plānu katalogu. Hronoloģiski tas aptvēra laikposmu no 17. gadsimta līdz 20. gadsimtam. Pirms 15. Baltijas zinātnes un tehnikas vēstures konferences redkolēģija (L. Blümfelde, T. Zeids, J. Štrauhmanis (atb. red.) un I. Miklāva) šo katalogu sakārtoja un izdeva ar nosaukumu «Rīgas kartes un plāni 17. gs. — 19. gs. 60. gadu vīdus». Tajā apkopotī apraksti par 474 oriģināliem un kopijām, dotas to atrašanās vietas. No Rīgas Vēstures un kuģniecības muzejam piederošajiem materiāliem tika izveidota izstāde. Katrs

eksponētais darbs ir vērtīgs vēstures avots un interesants kartogrāfijas materiāls.

Par vienu no pirmajām Rīgas kartēm var uzskatīt gravīru, kurā parādīta Rīga un tās tuvākā apkārtnē zviedru karaspēka uzbrukuma laikā 1621. gadā (autors H. Tūms, 1622. gada vara grebums). Tajā pirmo reizi grafiskā attēlojumā redzama Rīgas upe ar Speķupi, pilsētas nocietinājumu grāvis un vaļņi. Par pilsētu 17. gadsimtā sauca nocietinājumu ietvertu pilsētas daļu. Aiz tās veidojās priekšpilsētas, kuras kara draudu gadījumā bija jānodedzina. 17. gadsimta vidū bija paredzēts ar vaļņu sistēmu aptvert arī šo teritoriju. Tas redzams pirmajā ģeodēziskajā Rīgas un tās priekšpilsētu plānā, kuru 1650. gadā zīmējis pilsētas inženieris Franciškis Murers (mērogs 1:150, mērrīkstēs). Taču šī iecere netika realizēta.

19. gadsimta pirmajā pusē Rīgai jau bija izveidojušās trīs priekšpilsētas — Pēterburgas, Maskavas un Jelgavas. To apbūvi atspoguļo J. G. Betheras 1803. gadā zīmētais plāns (mērogs 1:500, krievu asis), kuru apstiprinājis un cenzējis Rīgas inženieru komanda. noklādama plānā atzīmēto nocietinājumu joslu ar melnu krāsu.

Rīgas un tās priekšpilsētu attīstību ārkārtīgi ietekmējis 1812. gada karš, kad pēdējo reizi tika nodedzinātas priekšpilsētas. To atjaunošanai tika izstrādāti daudzi plāni, to skaitā arī 1815. gada Pēterburgas un Maskavas priekšpilsētu perspektīvās izbūves plāns (mērogs 1:100, krievu sazenos). Tajā bija paredzēts regulārs apbūves plānojums līdz

tagadējam Rīgas centrālo daļu ietverošajam dzelzceļa puslokam.

19. gadsimta vidū Rīga strauji veidojās par vienu no nozīmīgākajiem Krievijas tirdzniecības un rūpniecības centriem. Pilsētas izaugsmi traucēja novecojusī viduslaiku nocietinājumu sistēma. To atspoguļo pulkveža Novicka 1843. gada plāns (mērogs 1:400, asis).

Muzeja kartogrāfijas kolekcijā ir arī vēlāka perioda plāni un kartes, kas veltīti Rīgas tematikai. Muzejs turpina komplektēšanas darbu, lai šī kolekcija pēc iespējas pilnīgāk atspoguļotu Rīgas attīstības vēsturi. Seno karšu loma dažādos vēsturiskos pēti-

jumos arvien pieaug. Ir izstrādāta īpaša kartogrāfiskās pētniecības metode, kuras pamatā ir senā karte. Pirmoreiz kartes zinātniskos pētījumos sāktas izmantot 18. gadsimtā.

Daudz plašāk kartogrāfiskie modeļi jāizmanto muzeju ekspozīcijās. Tas apmeklētājiem dos iespēju pilnīgāk iepazīties ar vēsturi, salīdzināt to ar mūsdienu situāciju, atdzīvina cilvēku atmiņā sen nozudušu vietu vārdus, kas tagad saglabājušies tikai senajās kartēs.

Svarīgs virziens darbā ar kartogrāfiskajiem materiāliem ir faksimilizdevumi. To izdošanā būtu ieinteresēti ne tikai zinātnieki un muzeju darbinieki, bet arī plašs lasītāju loks.

I. Miklāva

JAUNUMI ĪSUMĀ ★★ JAUNUMI ĪSUMĀ ★★ JAUNUMI ĪSUMĀ

★★ Valsts prēmijas laureāta S. Grišina rakstā žurnālā «Zemļa i Vselennaja» pirmo reizi sniegta precīza informācija par nesējraķetes «Energija» pakāpju likteni pēc dzinēju darbības izbeigšanās. Četri sānbloki, kuri veido pirmo pakāpi, nolaižas uz Zemes un ir derīgi atkārtotai izmantošanai. Centrālais bloks, ievadījis derīgo kravu ģeocentriskai orbītai tuvā trajektorijā (orbīta kravai jāsasniedz pašai ar savu dzinēju), turpina ballistisku lidojumu, līdz ieiet atmosfēras blīvajos slāņos un tā atliekas nokrīt okeānā. (Pēc raķetes pirmā izmēģinājuma publicētais TASS ziņojums bija šajā aspektā formulēts visai neskaidri un radīja iespaidu, ka centrālais bloks atgriežas uz Zemes veselā veidā.) Tādējādi «Energija» ir nesējraķete ar daudzkārt izmantojamu pirmo pakāpi un vienreiz izmantojamu otro pakāpi.

★★ Akadēmiķa V. Gluško grāmatā «Развитие ракетостроения и космонавтики в СССР» pirmo reizi publicētas sīkākas ziņas par daudzkārt izmantojamu raķešdzinēju, kurš iebūvēts lieljaudas nesējraķetes «Energija» sānblokos. Dzinēju RD-170 darbina petroleja un šķidrās skābeklis, tam ir četras vienādas degkameras, kurās gāzu spiediens sasniedz 250 atm, un četras sprauslas. Dzinēja augstums ir 4 m, diametrs — nedaudz mazāks, vilce vakuumā — 806 tonnas. (Tādas pašas degvielas darbinātajam dzinējam F-1, kurš 1967.—1973. g. tika lietots amerikāņu raķetē «Saturn-5», vakuumvilce bija 793 tonnas.) RD-170 tiek izmantots par pirmās pakāpes dzinēju arī kādā mazākā padomju nesējraķetē, kura ietilpst tajā pašā no unificētiem blokiem veidoto raķešu saimē un lido kopš 1985. gada (taču līdz šim nekur nebija pieminēta). Šajā grāmatā pirmo reizi ziņots arī par citu īpaši lielas jaudas raķešdzinēju, kas kopš 1973. gada tiek lietots vēl vienas vārdā nenosauktas un sīkāk neiztirzātas padomju nesējraķetes pirmajā pakāpē. To darbina nesimetriskais dimetilhidrazīns un slāpekļa tetroksīds, spiediens degkamerā tam sasniedz 230 atm un vakuumvilce kopš 1986. gada ir 505 tonnas. (Tādas pašas degvielas darbinātajam dzinējam RD-253, kurš kopš 1965. gada tiek izmantots raķetes «Protons» pirmajā pakāpē, vakuumvilce pēc modernizēšanas ir 178 tonnas).



NEPARASTIE SAULES RIETI

Jūrmalā 1987. gada vasarā man gadījās novērot neparastu parādību. Izrādījās, ka pazīstamā, daudzkreiz redzētā aina — Saules riets jūrā — notiek katru reizi citādi. Saules disks, pieskaroties horizontam, dažkārt kļūst līdzīgs gaisa balonam ar gondolu, dažkārt turpretī saplacinās (sk. krāsu ielikuma 4. lpp.). Lai šos efektus labāk novērotu, vajadzīga kāda optiska ierīce — fālskatis vai binoklis. Saules spožums pie horizonta ir tik mazs, ka var droši skatīties uz to, neriskējot sabojāt redzi. Es izmantoju teleobjektīvu MC 3M-5CA (8/500) ar telekonverteru TK2M, kas deva kopējo fokusa attālumu 1000 mm, gaismaspēja 1:16. Fotografēju ar fotoaparātu «Zenit-avtomat», ekspozīcija ~1/10 s, diapozitīvu filma ORWOCHROM 18 DIN.

To, ka Saules rīpa tuvo tuvu pie horizonta ir sapiesta, nevis apaļa, būs ievērojuši visi. Šo parādību izraisa refrakcija — gaismas staru laušana atmosfērā. To nosaka gaisa slāņu sadalījums Zemes atmosfērā. Tuvāk Zemes virsmai atrodas blīvākie slāņi, un tajos refrakcija ir spēcīgāka. Refrakcija «paceļ» debess spīdekļus virs horizonta, t. i., palielina to redzamo augstumu. Horizonta tuvumā Saule paceļas pat par diametra tiesu. Tādēļ par vairākām minūtēm palielinās dienas ilgums, jo Saule uzlec ātrāk un noriet vēlāk. Kad Saule tuvojas apvārsnim, tā tiek sapiesta nevienmērīgi — spēcīgāk refrakcija iedarbojas uz Saules apakšējo malu. Rezultātā izveidojas interesanta figūra, kas labi redzama 22. jūlija attēlā. Ja ir mainījies parastais blīvumu sadalījums atmosfēras slāņos, var novērot visdažādākās Saules diska formas.

Refrakcijas normālā vērtība pie horizonta ir apmēram 34 loka minūtes. Šo lielumu ņem vērā, rēķinot Saules rīeta momentu astronomiskajiem kalendāriem. Tomēr faktiskā refrakcijas vērtība būs katru vakaru citāda, jo tā ir atkarīga no gaisa temperatūras, spiediena un gaisa mitruma novērojumu vietā. Līdz ar to Saules rīeta faktiskais moments atšķirsies no aprēķinātā. Šī atšķirība var būt samērā liela (sk. tabulu).

Lai aprēķinātu refrakciju horizonta tuvumā,

var izmantot aptuvenu formulu, kas ņemta no amerikāņu astronomiskās gadagrāmatas «The astronomical almanac»:

$$R = \frac{P(0,1594 + 0,0196h + 0,00002h^2)}{(273 + t)(1 + 0,505h + 0,0845h^2)}$$

Šeit R — refrakcija grādos, P — spiediens milibāros, h — augstums grādos, t — temperatūra Celsija grādos. Precīzāk refrakciju var aprēķināt, lietojot refrakcijas tabulas vai ESM. Es savos aprēķinos izmantoju Pulkovas refrakcijas tabulu 5. izdevumu (Leningrada: Nauka, 1985), kurš ir ievērojami pārstrādāts un precizēts.

Zemes atmosfēra atšķirtīgi lauž dažādas krāsas gaismas starus — visspēcīgāk sarkanos, visvājāk zilos. Tāpēc horizonta tuvumā Saule sadalās vairāku krāsu diskos. Centrālajā daļā diski pārse dz cits citu un to kopējā krāsa ir balta. Augšējā daļā rodas šaura varavīksnes josliņa, kas ar neapbruņotu aci nav saskatāma. Tikai tajā brīdī, kad virs apvārsņa ir palicis pēdējais Saules diska punkts, reizēm var ieraudzīt, ka šis punkts ir zaļš! Parādība ilgst pāris sekunžu, un to sauc par zaļo staru. Pārējās varavīksnes josliņas krāsas praktiski nav saskatāmas. Violeto un zilo spēcīgi absorbē Zemes atmosfēra, bet dzeltenā un sarkanā krāsa saplūst ar pārējo Saules disku. Zaļais stars nav tik reta parādība, kā mēdz domāt. Gluži vienkārši tas ne vienmēr ir tik izteikts, lai to varētu viegli pamanīt. Lielākas iespējas ir tad, ja gaisis ir ļoti dzidrs. Piemēram, ja vēl piecas minūtes pirms rīeta Saule ir tik spoža, ka tajā nevar skatīties. Izteiktu zaļo staru es redzēju vienu reizi, vēlāku — vēl pāris reizi.

1987. gadā no jūnija līdz septembrim man izdevās novērot 12 saulrietus. Šo novērojumu dati apkopoti tabulā.

Saulrieta moments reģistrēts ar parastu hronometru. Ja Saule rīetot bija spoža, reģistrācijas precizitāte ir ± 1 sekunde, ja Saule rīetēja blāva, tad ± 10 sekundes.

Datums	Temperatūra, °C	Spiediens, mm Hg	Mitrums, mm	Refrakcija, loka min	Aprēķin. saulrieta moments	Novērotais saulrieta moments
11.06.	15,4	766,8	10,6	32,88	23h17m20s	23h18m25s
15.06.	13,4	758,3	10,4	33,14	23 20 26	23 21 19
25.06.	14,2	760,6	7,8	33,08	23 23 24	23 23 31
5.07.	17,3	770,6	9,2	32,50	23 19 14	—
6.07.	18,7	767,4	11,4	31,84	23 18 19	23 18 27
9.07.	17,1	758,3	12,1	31,90	23 15 35	23 15 33
11.07.	14,1	758,5	9,0	32,97	23 13 33	23 13 30
21.07.	20,9	764,6	12,5	31,01	22 59 13	23 01 47
22.07.	20,9	766,4	14,5	31,01	22 57 31	22 59 11
13.08.	14,1	761,1	10,1	33,05	22 11 44	22 11 36
17.08.	12,2	761,1	8,0	33,75	22 02 03	22 01 55
4.09.	11,5	767,8	8,7	34,29	21 15 09	21 14 42

Neparasti saulrieti interesē astronomijas amatierus visā pasaulē. Žurnāls «Sky and Telescope» bieži publicē Saules rietu fotogrāfijas, kas uzņemtas dažādās zemeslodes vietās.

Tiem, kuras interesē rakstā skartie jautājumi, var ieteikt šādas grāmatas:

Eiduss J., Smits O. Optiskās parādības atmosfērā. Rīga: Avots, 1980;

Колчинский И. Г. и др. Что можно увидеть на небе. Киев: Наукова думка, 1982.

Lai iegūtu Saules rietu fotogrāfijas, vajadzīgs tikai fotoaparāts ar jebkādu teleobjektīvu, klaja vieta ar pārdzamtību līdz horizontam, skaidrs vakars, nu, un, protams, pacietība.

I. Vilks

SLĪPĒŠANAS MAŠĪNA 400 mm OPTIKAI

Astronomijas amatierim, kas saviem instrumentiem gatavo arī optiku, neaizstājams palīgs ir spoguļa slīpēšanas mašīna. Jau pirmais paša darinātais spogulis pilnībā atsvērs tās veidošanai pieliktās pūles.

Viens no raksta autoriem — V. Odinokijs ir konstruējis diezgan vienkāršu mašīnu, kas dod iespēju izslīpēt līdz 400 mm diametra spoguljus (1. att.). Viņa 265 mm Ņūtona reflektora (sk. «Zvaigžņotā Debess, 1987. gada vasara», 61. lpp.) galvenais spogulis gatavots tieši ar šo mašīnu; patlaban top optika 350 mm instrumentam. Ierīces konstrukcija ir pietiekami interesanta, lai ar to iepazītos pēc iespējas vairāk amatieru, vēl jo vairāk tāpēc, ka latviešu literatūrā līdzīgu aprakstu nav bijis.

Vispirms aplūkosim ierīces darbības principus un atbilstošu kinemātisko shēmu (2. att.).

Uz pamatnes 16 nekustīgi nostiprināts slīpētājs 12, pa kuru spoguļa sagatave 13 veic radiālas kustības turp un atpakaļ. Lai virsma noslīpētos vienmērīgi, pamatne kopā ar slīpētāju griežas ap asi O, turklāt rotācijas frekvencei jābūt pēc iespējas atšķirīgai no radiālo gājienu frekvences. Sagataves kustību nodrošina mehānisms, kas sastāv no kloķa MN ar garumu l un kļauņa ND. Lai sagatave nenoslīdētu no slīpētāja, to fiksē svira DC. Slīpēšana tad gan notiek nevis precīzi pa slīpētāja resp. sagataves rādīsu, bet

pa loku, kura rādiuss ir CD, taču, ja tas ir pietiekami garš, tam nav būtiskas nozīmes.

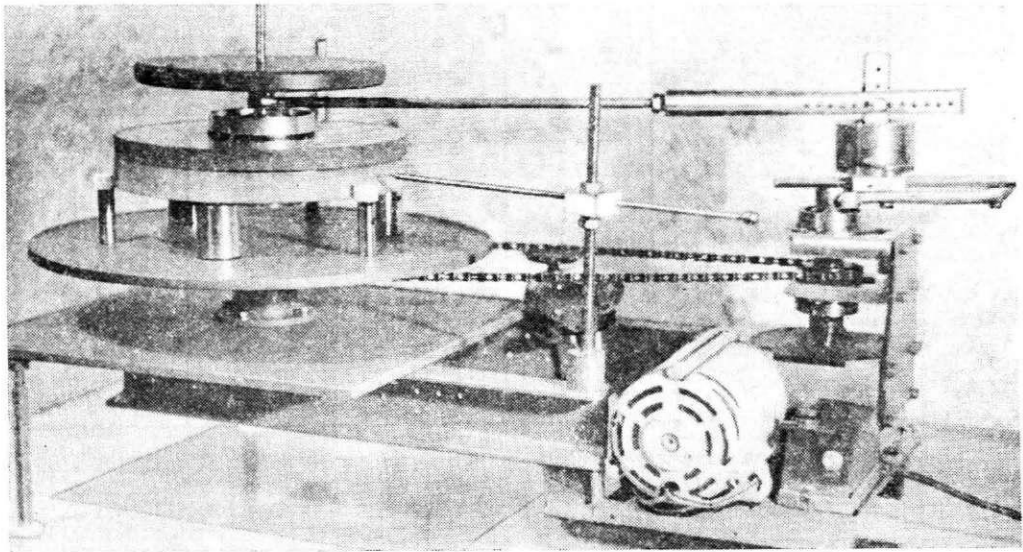
Lai nodrošinātu pietiekamu spoguļa piespiedienu slīpētājam, punktā D jāpieliek papildu slodze; vislabāk to panākt ar diskveida atsvariem 14.

Mehānisma piedziņai konstrukcijas autors izmantojis maiņstrāvas elektrodzinēju ar jaudu 100 W un rotācijas frekvenci 1300 min⁻¹. Kloķi MN tas griež ar gliemežreduktora starpniecību. Ja pārnese ir 1:100, sagatave pa slīpētāju veic 13 turp un atpakaļ kustības minūtē. Slīpētāja rotāciju nodrošina ķēdes pārvads, kas savieno asi M un O. Pārvada attiecība ir 13:48; izmantoti sporta velosipēda zobratī. Šāds «neapaļs» pārnese skaitlis praktiski pilnīgi izslēdz spoguļa azimutālās kļūdas.

Ja patstāvīgi konstruē slīpējamo mašīnu, jāievēro vēl kāds nosacījums. Tā kā slīpējot spoguļa sagatave berzes rezultātā neizbēgami sasilst, tad, lai spoguļa siltumdeformācijas un — it īpaši — pulētāja deformācijas sveķu tecēšanas dēļ būtu pieļaujamās robežās, jāizmanto empīriska sakarība

$$W_{\max} \frac{6000}{d} \text{ min}^{-1},$$

kur W_{\max} — maksimālā sagataves rotācijas



1. att. V. Odinokija izgatavotā spoguļu slīpēšanas mašīna.

frekvence, d — galvenā spoguļa diametrs milimetros [1].

Uz šīs slīpējamās mašīnas teorētiski tātad var apstrādāt spoguļus līdz pat 860 mm diametram, bet tās autors ir saprātīgi ierobežojis maksimālo diametru līdz 400 mm, kas tehniski daudz vieglāk realizējams.

Atšķirībā no rokas slīpēšanas, kad spoguļi virza pa diametru pāri sagatavei, slīpējot ar mašīnu, parasti priekšroku dod tādām režīmām, ka spogulis kustas pa slīpētāja rādiusu, precīzāk, — pa loku OD ar centru C.

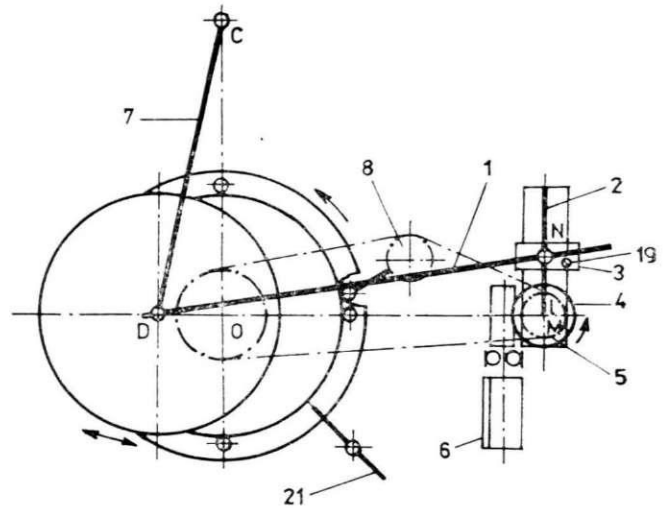
Slīpēšanas gājiena jeb, kā optikā pieņemts teikt, štrīha garums divu iemeslu dēļ jāparedz mainīgs: lai varētu apstrādāt dažāda diametra sagataves un lai varētu izlabot slīpējot radušās kļūdas vai piešķirt spogulim vēlamo formu. Kā viegli saprast, to var panākt ar kinemātisko elementu MN un ND garuma maiņu. Kloķa MN garuma maiņa noteiks amplitūdu $l = MN$. Konstruktīvas autors atrisinājis šo uzdevumu, izgatavodams kloķi 2 «bezdelīgastes» veidā, kuras prizmatiskā daļa nostiprināta uz ass M, bet aptverošā daļa 3 ir bīdāma. Vajadzīgajā stāvoklī to var fiksēt ar skrūvi 19. Uz šā mezgla nostiprināta ietvere 20 ar gultņiem, kuros griežas ass N. Tai ir vairāki caurumi, kas atbilstoši slīpētāja un sagataves kopējam biežumam dod iespēju mainīt klaņa augstumu, jo vēlams, lai tas kustētos horizontālā plaknē. Pats klanis veidots no divām

daļām — stieņa un skrūves. Stienī ik pa 20 mm izurbti caurumi; tādējādi dabūjam klaņa garuma soli 20 mm. Precīzāk klaņa garumu pieregulējam ar skrūvi, fiksējot to ar kontruzgriezni. Nelielās robežās maināms arī sviras CD (7) garums, lai varētu slīpēt pa hordu, kas vajadzīgs, spoguļi parabolizējot un tāpat dažu specifisku kļūdu izlabošanai.

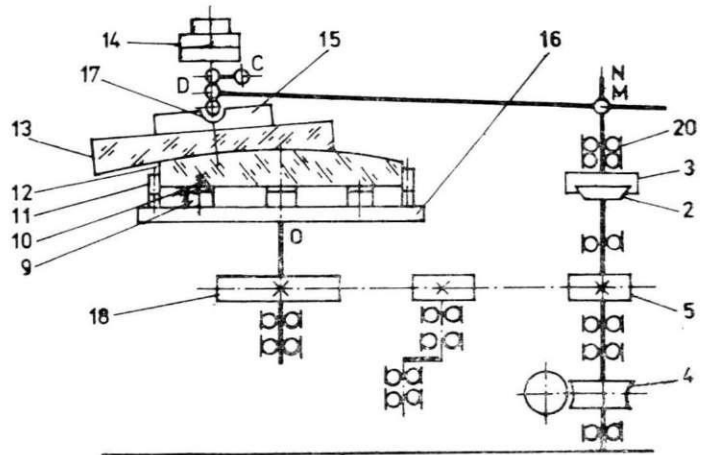
Spoguļi pa slīpētāju pārvieto disks, kas pielīmēts pie spoguļa mugurējās virsmas. Urbums diska 15 centrā kopā ar ass D apakšējo galu veido sfērisku šarnīru. Vertikālā stāvoklī stienī D fiksē gredzeni, kas izveidoti klaņa ND un sviras CD galos. Uz šā stieņa arī novieto diskveida atsvarus 14 piespiediena regulēšanai.

Izdarot pirmējo, rupjo slīpēšanu, lai iegūtu aptuvenu spoguļa formu, darba mezglā nepieciešamas nelielas izmaiņas. Uz pamatnes 16 tad novieto nevis slīpētāju, bet sagatavi. Pats slīpētājs izgatavots gredzena veidā, kā parādīts 3. attēlā a.

Sagatavi resp. slīpētāju novieto uz trim līdz sešiem vienādiem distancieriem 9, sānos fiksējot ar teflona vai cietas gumijas cilindriem. Izmantojot šos cilindrus, tiek veikta arī sagataves vai slīpētāja centrēšana. Stieņa 21 galu iestāda $\sim 0,5$ mm no sagataves vai slīpētāja sānu virsmas un, mainot cilindru diametrus, panāk, lai šī sprauga būtu vienāda visos pamatnes pagrieziena leņķos. Jāteic, ka vēl labāk te būtu bijis lietot pulksteņindikatoru.



2. att. Slīpēšanas mašīnas kinemātiskā shēma (parādīts darba pāris «slīpētājs un sagatave»): 1 — klanis, 2 — kloķis, 3 — «bezdelīgastes» slīdnis, 4 — gliemežzobrats, 5 — ķēzrats ar $z=13$, 6 — elektrodzīnējs, 7 — svira, 8 — spriegotājs, 9 — distanceri, 10 — starplikas, 11 — sānu fiksatori, 12 — slīpētājs, 13 — spoguļa sagatave, 14 — atsvari, 15 — pielīmētais disks ar sfērisko šarnīru, 16 — pamatne, 17 — sfēriskais šarnīrs, 18 — ķēzrats ar $z=48$, 19 — fiksatora skrūve, 20 — gultņu ietvere, 21 — centrēšanas stienis.



Lai ķēde, ar laiku deformējoties, nekristu nost no zobratiem, to nostiepj spriegotājs 8.

Visa konstrukcija uzmontēta uz metināta tēraudra rāmja.

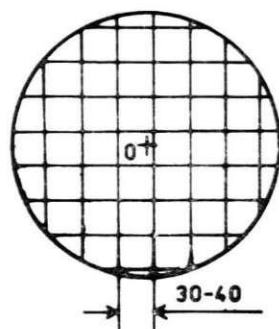
Darbs ar slīpēšanas mašīnu ir samērā vienkāršs, principā tas neatšķiras no literatūrā [2, 3] aprakstītajiem rokas slīpēšanas paņēmieniem. Iepazīšimies vienīgi vēl ar interesanto slīpētāja izgatavošanas paņēmieni, ko lietojis konstrukcijas autors.

Parasti lieto divu veidu slīpētājus: pakāpjveidā apvirpotu metāla slīpētāju, kas aproksimē

izveidojamo virsmu, un slīpētāju, kas izliets no epoksīda kompaunda. Te jau var iet arī it kā vidusceļu. Vispirms no organiskā stikla izgatavo pakāpjveida slīpētāju. Pēc tam uz tā novieto rupji apslīpēto sagatavi, izdara dažus štrihus un vietas, kas ir saskārušās ar aptuveni sfērisko virsmu, pieslīpē ar smalku vīli. Šo operāciju atkārto vairākkārt, līdz pakāpīšu šķautnes ir pārvērtušās vairākus milimetrus platās joslinās. Tad slīpētāju «piegriež» ar trīsstūra vīlīti, līdzīgi tam, kā rīkojas, izgatavojot pulētāju: t. i., sadala virsmu vienādos kvadrātiņos, kas novietoti



3. att. Gredzenveida slīpētājs rupjai slīpēšanai (a) un spoģuļa bīdītājs disks (b).



4. att. Slīpētāja virsmas «piegriešanas» shēma.

asimetriski pret slīpētāja centru. Šie grāvīši palīdz labāk noturēt abrazīva daļiņas un vienmērīgāk sadala tās pa slīpējamo virsmu.

Pať atsevišķi strādājošam amatierim lietderīgi izgatavot šādu mašīnu, ja viņš nolēmis paša spēkiem tikt pie savas optikas. Vēl lielāks labums no tās būtu organizētās amatieru grupās un pulciņos; arī skolā darbmācības stundās šādas mašīnas izgatavošana varētu būt interesants, mērķtiecīgs darbuzdevums, kas skolēnos neapšaubāmi izraisītu lielāku interesi nekā pať vidusskolās vēl joprojām vērojama āmuru vilēšana un krampīšu liekšana.

LITERATŪRA

1. Максудов Д. Д. Изготовление и исследование астрономической оптики. М.: Наука, 1984.
2. Сикорук Л. Л. Телескопы для любительской астрономии. М.: Наука, 1982.
3. Навашин М. С. Телескоп астронома-любителя. Изд. 4-ое. М.: Наука, 1979.

V. Odinokijs, J. Kauliņš

JAUNUMI ISUMĀ ★★ JAUNUMI ISUMĀ ★★ JAUNUMI ISUMĀ

★★ Pēc 2 gadus 8 mēnešus ilga pārtraukuma, kas sekoja kosmoplāna «Challenger» bojāejai, atsākusies ASV daudzkārt izmantojamās kosmosa transportsistēmas «Space Shuttle» ekspluatācija. 1988. gada septembra un oktobra mijā tika nogādāts orbitā NASA retranslācijas pavadoņi TDRS-C, kuram kopīgi ar 1983. gadā palaisto TDRS-A jānodrošina gandrīz nepārtraukti sakari ar zemu lidojošiem kosmiskajiem aparātiem. 1988. gada novembrī vajadzēja notikt otrajam lidojumam — šoreiz ar slepenu Pentagona kravu (domājams, izlūkpavadoņi), bet 1989. gadā plānoti pavisam septiņi reisi. Trijos reisos iecerēts palaist NASA kosmiskos aparātus — retranslācijas pavadoņi TDRS-D (janvārī), automātiskās stacijas «Magellan» (aprīlī, Venēras virzienā) un «Galileo» (oktobrī, Jupitera virzienā), trijos citos plānots pārvadāt slepenas Pentagona kravas (arī pārsvarā izlūkpavadoņus). Vienam lidojumam (gada vidū) paredzēta jaukta krava: augšupceļā — sakaru pavadoņi, kas pieder privātai firmai, taču pēc palaišanas tiks iznomāts ASV Jūras kara flotei, lejupceļā — NASA autonomā kosmiskā platforma (daudzkārt izmantojamais pavadoņi) LDEF, kura atrodas orbitā kopš 1984. gada. (Pavadoņa HST, kurā iebūvēts 2,4 m optiskais teleskops, ievadīšana orbitā atlikta uz 1990. gada sākumu.)



JA KOKMATERIĀLUS GATAVO ZIEMĀ,

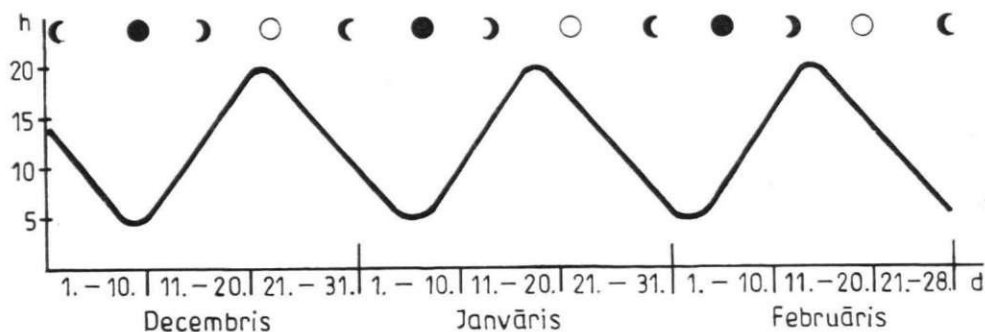
kā to darija senāk, tad cenšas ņemt vērā arī senās gudribas un lapu kokus cērt vecā Mēnesī, bet skuju kokus — jaunā Mēnesī. Tad kokmateriāli labi izžūst, neplaisā. Bet tagad meža darbi tiek veikti cauru gadu un lietas kokus kaltē īpašās ierīcēs. Līdz ar to senās gudribas praktiski vajadzīgas vairs tikai īpašos gadījumos, piemēram, ja grib iegūt materiālu kāda mūzikas instrumenta izgatavošanai. Šī šķietami nedzīvā koka atkarība no mūsu debess kaimiņa allaž darijusi mūs ziņkārīgus, it īpaši tāpēc, ka senās kārtulas paredz atšķirīgus termiņus skuju kokiem un lapu kokiem. Kā tas izskaidrojams?

Izmantosim atkal priekšstatu par augu saistītā ūdens daudzuma atkarību no Mēness redzamības intervāla. Ņemsim arī vērā, ka nozāģēts koks vēl samērā ilgi turpina savus

dzīvības procesus — lapu koks apmēram divas nedēļas, bet skuju koks apmēram mēnesi.

Ziemā vecs Mēness atbilst isam, bet jauns — garam redzamības intervālam (sk. att.). Nozāģējot lapu koku vecā Mēnesī, žūšanas primārā posma beigas (dabiskos apstākļos) iekrīt garajā Mēness redzamības intervālā, kad koks nelabprāt atdod savu saistīto ūdeni. Tādēļ koksne žūst lēni un neplaisā. Ja turpreti lapu koku nozāģē garajā Mēness redzamības intervālā, žūšanas svarīgākā posma beigas iekrītīs īsajā intervālā, kad šūnas viegli atdod saistīto ūdeni, resp., kokmateriāls žūst tik ātri, ka saplaisā. Bet plaisās drīz iemītinās pelējuma sēnītes un kukaiņi, kas koksni bojā.

Pavisam citādi ir skuju kokiem. Tie arī



Mēness redzamības intervāli 1988./89. gada ziemai.

ziemā dzīvo aktīvu dzīvi, dažādi bioloģiskie un ķīmiskie procesi tajos rimst lēni. Atcerēsimies kaut vai eglīšu kaudzes pilsētas tīrgos — tās visas cirstas krietni sen un tomēr saglabājušas savu zaļo rotu. Tāpēc, lai skuju kokam žūšanas procesa atbildīgā fāze iekristu garajā Mēness redzamības intervālā, tas arī jācērt garajā redzamības intervālā — ziemā tas atbilst jaunam Mēnesim.

Saprotams, ka katrā gadalaikā redzamības intervāla saistība ar Mēness fāzēm ir citāda, tāpēc labāk uzreiz ņemt vērā Mēness redzamības intervālu, nevis fāzi. Lidz ar to visam gadam ir derīga kārtula, ka lapu koki jācērt

isajā, bet skuju koki — garajā redzamības intervālā.

Jāpiebilst, ka arī modernās ražošanas apstākļos Mēness fāzes vai redzamības intervāla nozīme zināmā mērā saglabājas. Koksne taču nonāk kaltē tikai pēc ilgāka laika, kad, nepareizā termiņā cirsta, tā jau paspējusi saplaisāt un dažkārt arī sapelēt un citādi bojāties. Neaizmirsīsim, ka mums nebūtu saglabājušās senās ēkas, ja tām nebūtu izmantoti pareizā Mēness fāzē cirsti koki.

B. Biedriņš

JAUNUMI ISUMĀ ★★ JAUNUMI ISUMĀ ★★ JAUNUMI ISUMĀ

★★ Kad pirms vairāk nekā četriem miljardiem gadu no dažāda lieluma planetozimālēm veidojās Zemes grupas planētas, bija pilnīgi iespējams, ka Zemei gadījās sadurties ar kādu samērā lielu ķermeni. Ja tā masa bijusi apmēram desmitā daļa Zemes masas, tad triecienā iztvaikojusi viela, vēlāk atkal kondensējoties par vienu ķermeni, varēja kļūt par Zemes dabisko pavadoni — Mēnesi.

★★ Kad Marsu pārstaigā dienas un nakts robeža — terminators, atmosfēras spiediena pēkšņo izmaiņu rezultātā var rasties infraskaņa ar apm. 3 min kvaziperiodu un ap 40 km garu vilni. Šāds process sevišķi iespējams dienvidu puslodes 10—30° platumā Marsa vasaras rītos.

★★ Uz Jupitera pavadoņa Eiropas zem ledus klaja var pastāvēt šķidra ūdens okeāns; caur plaisām ledū tajā var iekļūt Saules gaisma. Tādos apstākļos var eksistēt dzīvi organismi, analogi tiem, kādi uz Zemes atrasti Antarktīdā.

★★ Dzīvības izcelsmei svarīgās molekulas — H_2O , HCN , CH_3CN , CO , CO_2 , NH_3 , CS , C_2 un C_3 atrastas arī komētās. Ja Zemei protoplanētas stadijā bija pietuvojusies kāda komēta, tad Zemes satvertās komētu gāzes varēja kļūt par dzīvības sākotnējo pamatmateriālu.

★★ Planētas tomēr ietekmē norises uz Zemes, kaut arī tikai ģeofizikas jomā. Zemes atmosfērā konstatētās temperatūras svārstības ar 13 mēnešu periodu var piedēvēt Jupitera paisuma spēku iedarbībai. Planētu ietekme var realizēties arī pastarpināti, vispirms ietekmējot Sauli. Tā, piemēram, dati par polārblāzmu parādīšanos 1001.—1900. g. saistās ar Saules riņķojumu ap Jupitera-Plūtona baricentru.

★★ Zemes magnētiskais lauks ir ne vien mainīgs laikā, bet arī nehomogēns telpā. Domājams, ka ģeomagnētiskais lauks kalpo par vadlīniju gan putniem, gan jūras dzīvniekiem sezonas migrācijās. Nesen konstatēts, ka arī tās vietas, kur dažkārt metas krastā dzīvi vaļi, ir saistītas ar magnētiskā lauka anomālijām, bet šo notikumu laiks — ar īpašām magnētiskā lauka intensitātes variācijām.



A. SALĪTIS — JAUNS ZINĀTŅU KANDIDĀTS

1986. gada 17. novembrī Kazaņas Valsts universitātē Antonijs Salītis aizstāvēja disertāciju «Ilgperioda komētu orbītu statistika».

Antonijs Salītis dzimis 1949. gada 6. septembrī Ķalupē (Daugavpils rajonā) zemnieku ģimenē. Pēc Vaboles vidusskolas beigšanas 1968. gadā viņš iestājās Daugavpils Pedagoģiskā institūta Fizikas un matemātikas fakultātē un to ar izcilību pabeidza 1973. gadā. Tā paša gada rudenī A. Salītis sāka strādāt institūta fizikas katedrā par pasniedzēju, vēlāk — pēc atgriešanās no dienesta Padomju Armijā — par vecāko pasniedzēju.

Par astronomiju A. Salītis sāka interesēties jau sen. So interešu aicināts, viņš 1976. gadā iestājās Vissavienības Astronomijas un ģeodēzijas biedrības Latvijas nodaļā. Viņam bija iespēja vienu semestri stažēties Maskavā — Maskavas Valsts universitātes Šternberga Valsts astronomijas institūtā. Lai tālāk celtu kvalifikāciju, 1979. gadā A. Salītis iestājās aspirantūrā LVU Astronomiskajā observatorijā pie profesora K. Šteina.

K. Šteins bija pazīstams komētu orbītu evolūcijas pētnieks, īpaši — komētu difūzijas likumu atklājējs, turklāt arī labs pedagogs. Viņš saprata, ka debess mehānikas pētījumos jālieto jauna tehnika — ātrdarbīgās elektroniskās skaitļošanas mašīnas. Tādēļ no saviem audzēkņiem K. Šteins vispirms prasīja, lai viņi apgūtu programmēšanas iemaņas.

Kad A. Salītis bija pietiekami labi apguvis programmēšanas mākslu, viņš ar ESM atrisināja praktisku uzdevumu komētu orbītu elementu noteikšanā. Kā zināms, komētu novērojot, grūtības rada neregulārā komētas gal-



vas forma; bieži vien nevar pietiekami precīzi noteikt kodola — t. i., komētas gravitācijas centra — pozīciju, jo izstieptajā komētas galvā, kuras formu lielā mērā nosaka no kodola izplūstošās gāzes un putekļi, redzama («fotometriskais») centrs nesakrīt ar kodola gravitācijas centru. A. Salītis analizēja šos gadījumus un noskaidroja, ka liela daļa novērojumu, ko agrāk orbītu aprēķinātāji noraidīja kā nederīgus, var tikt izmantoti, ja ņem vērā, kādā virzienā ir novērojumu vislielākā izkliede.

Sis pētījums, neraugoties uz tā praktisko nozīmi, tomēr netika ietilpināts disertācijas galīgajā tekstā. Darba gaitā disertācija pamazām ieguva plašāku, vispārīgāku virzienu.

Lai labāk izprastu A. Salīša darba galveno rezultātu, aplūkosim komētu difūzijas jēdzienu, ko 1948. gadā komētu astronomijā ieviesa nīderlandiešu astronoms Vurkoms (A. J. J. van Woerkom). Par komētu difūziju sauc komētu orbītu pakāpenisku evolūciju ilgstošas perturbāciju iedarbības rezultātā. K. Šteins attīstīja

difūzijas ideju, ņemot vērā t. s. komētu dez-integrāciju, t. i., parādību, ka komētas pamazām zaudē daļu savas vielas, līdz ar laiku pilnīgi sairst. A. Salīša galvenais nopelns ir tas, ka difūzijas procesā viņš ņem vērā arī tuvāko zvaigžņu summāro gravitācijas ietekmi. Jāatzīst, jau sen bija zināms, ka garāmejošās zvaigznes ietekmē ilgperioda komētu kustību, tomēr konkrētu zvaigžņu izraisīto perturbāciju novērtējumu bija maz. Difūzijas vienādojumam pievienojot zvaigžņu perturbāciju ietekmes rezultātu, A. Salītis iegūst vispārinātu difūzijas vienādojumu, kuru skaitliski atrisinot atrod ilgperioda komētu orbītu lielo pusasu reciproko vērtību ($1/a$) sadalījumu. Tas daudz labāk atbilst dabā novērotajam sadalījumam nekā līdz šim literatūrā rodami vērtējumi. Tādējādi A. Salītis ir izskaidrojis t. s. Orta efektu — ka ilgperioda komētu $1/a$ spēcīgi koncentrējas ap vērtību $1/a=0$. Jāpiebilst, ka zvaigžņu plūsmu rak-

sturošanai A. Salītis izmanto t. s. Eilera leņķus, tātad viņš aplūko gadījumu, kad zvaigzne var nākt no jebkura telpas virziena.

Darba gaitā A. Salītim radās neparedzētas grūtības, jo 1983. gada aprīlī nomira viņa disertācijas vadītājs — profesors K. Šteins. A. Salītis, cieši sadarbojoties ar LVU Astro-nomiskās observatorijas un PSRS ZA Teorētiskās astronomijas institūta (Ļeņingradā) darbiniekiem, tomēr pabeidza un aizstāvēja disertāciju un ieguva fizikas un matemātikas zinātņu kandidāta grādu.

Novēlam Antonijam Salītim arī turpmākus panākumus gan interesantajā komētu astronomijas jomā, gan pedagogijā — Daugavpils Pedagoģiskajā institūtā gatavojot jauno paaudzi skolotāja darbam, ieaudzinot viņos mīlestību uz seno, bet arvien jauno astronomijas zinātni.

M. Dīriķis

JAUNUMI ISUMĀ ★★ JAUNUMI ISUMĀ ★★ JAUNUMI ISUMĀ

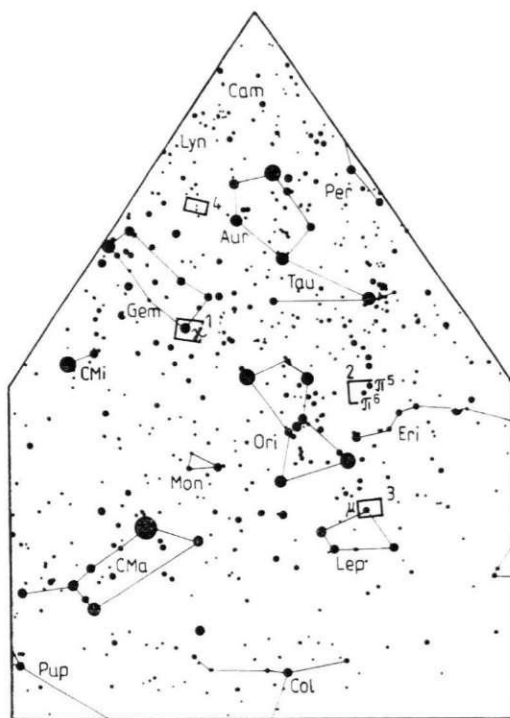
★★ Strādādama ar diviem Austrālijā uzstādītiem teleskopiem, starptautiska astronomu grupa atklājusi divus kvazārus, kuriem spektra līniju sarkanā nobīde un tātad arī attālumš no Zemes ir lielāks nekā jebkuram agrāk zināmajam Visuma objektam. Kvazāri atrasti, vispirms izskatot plašu debess apgabalu uzņēmumus, kas iegūti divās spektra joslās ar angļu 1,2 m Šmita sistēmas teleskopu, un pēc tam aizdomīgajiem objektiem ar angļu un austrāliešu 3,9 m spoguļteleskopu nosakot spektra līniju nobīdi. Kvazāram Q 0000-26 sarkanā nobīde ir 4,11, kvazāram Q 0051-279 — pat 4,43; iepriekšējais rekords šajā jomā bija 4,01.

ZVAIGŽNOTĀ DEBESS 1988. 1/2-89. GADA ZIEMĀ

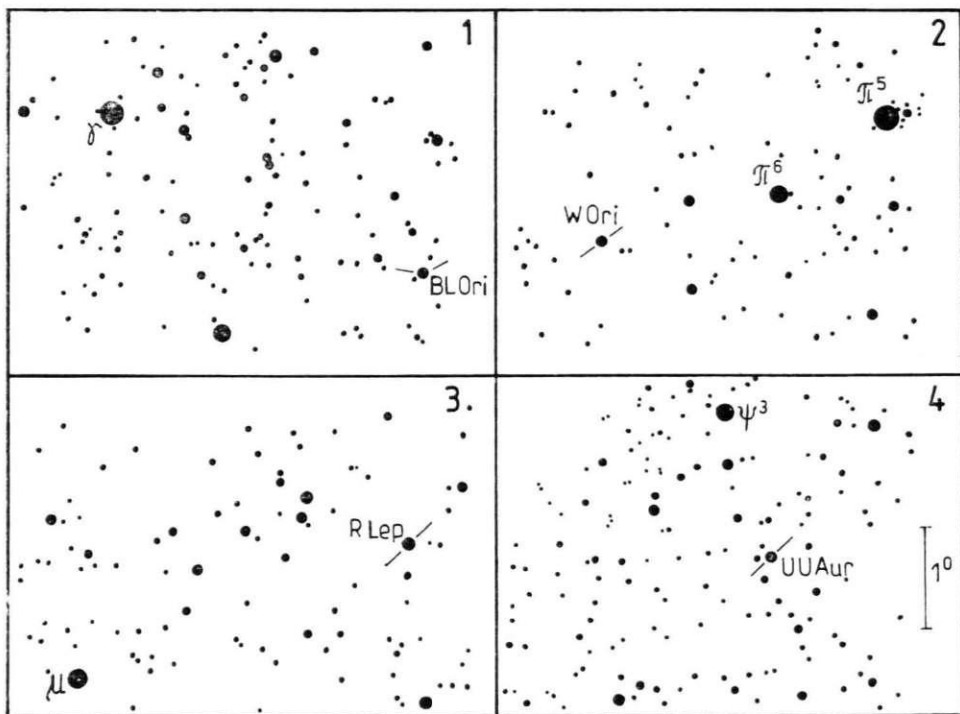
Ziema sākas 1988. gada 21. decembrī pl. 18^h28^m un beidzas 1989. gada 20. martā pl. 18^h28^m. Ziemas nakts ir garas un tumšas. Astronomiskajiem novērojumiem tie būtu labvēlīgi apstākļi, taču Latvijas ziemas parasti ir mākoņainas. Kā rāda Radioastrofizikas observatorijas darbinieku daudzus gadus veiktie astronomiskā klimata statistiskie pētījumi, caurmērā tikai 20% no maksimālā iespējamā nakts novērošanas laika ir izmantojami astronomiskajiem novērojumiem. Pēdējos trīs gados šis skaitlis ir bijis šāds: 1985./86. gada ziemā — 28, 1986./87. gada ziemā — 24 un 1987./88. gada ziemā — 18 procentu. Visvairāk skaidru nakšu ir ziemas pēdējā mēnesī — martā.

Tumšajās ziemas naktīs labi izceļas Piena Ceļš, kurā izvietojas arī trīs ziemas zvaigznāji — Persejs, Vedējs un Dvīņi (1. att.). Nedaudz augstāk atrodas Žirafes un Lūša zvaigznāji, bet zem Piena Ceļa — Vērša, Mazā Suņa, Vienradža, Oriona, Ēridanas, Zaķa, Lielā Suņa, Pūpes un Baloža zvaigznāji.

Viens no izteismīgākajiem ziemas zvaigznājiem ir Oriens. Tāpēc ziemā redzamo oglekļa zvaigžņu apskatu sāksim tieši ar to. Uz pašas Oriona un Dvīņu zvaigznāju robežas, tuvu Dvīņu γ atrodas Oriona BL (BL Ori; sk. 2. att. 1). Šīs sarkanās C6,3 spektra klases oglekļa zvaigznes redzamais spožums mainās haotiski robežās no 6,2 līdz 6,8. Virsmas temperatūra ir 2770 kelvinu. 1986. gadā Speciālajā astrofizikas observatorijā (SAO) Zeļeņčukā (Ziemeļkaukāzā), izmantojot pasaules lielāko 6 m teleskopu, raksta autors ieguvis šā objekta



1. att. Pie ziemas debess ar neapbruņotu aci redzamās zvaigznes. Taisnstūros ietvertas objektu BL Ori (1), W Ori (2), R Lep (3) un UU Aur (4) atrašanās vietas. Zvaigznāju apzīmējumi: Cam — Žirafe, Lyn — Lūsis, Aur — Vedējs, Per — Persejs, Gem — Dvīņi, Tau — Vēršis, CMi — Mazais Suns, Mon — Vienradzis, Ori — Oriens, Eri — Eridana, Pup — Pūpe, CMa — Lielais Suns, Lep — Zaķis, Col — Balodis.



2. att. Oglekļa zvaigžņu BL Ori (1), W Ori (2), R Lep (3) un UU Aur (4) apkārtnes kartes (ziemeļi — augšā, austrumi — pa kreisi).

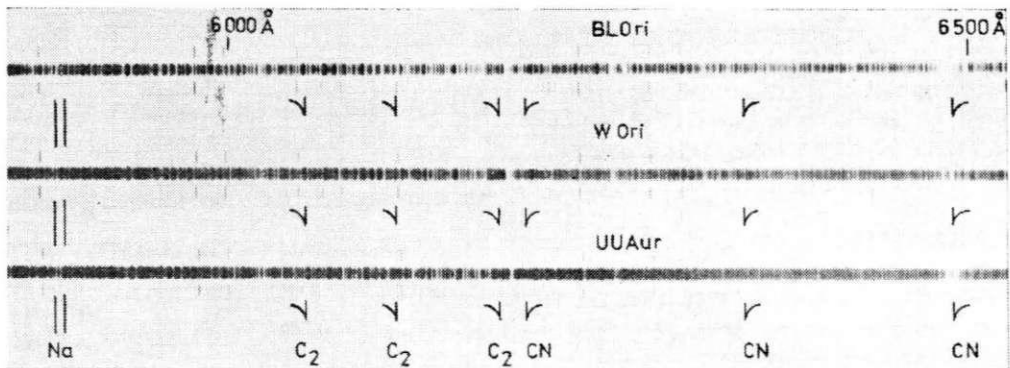
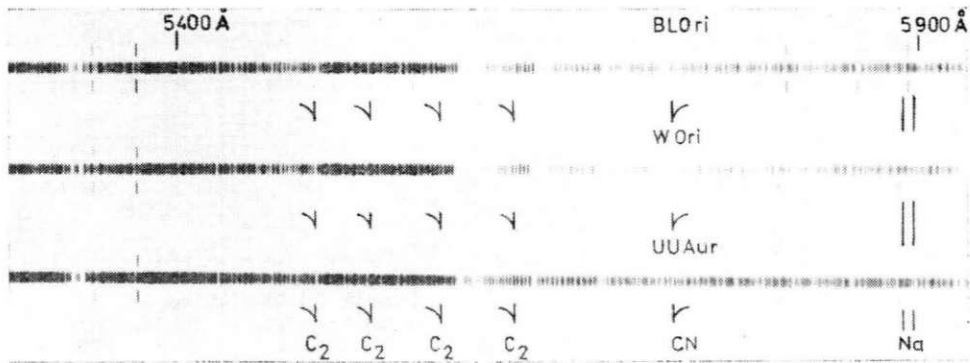
spektru sarkandzeltenajā spektra daļā ar apgrieztu dispersiju 14 Å/mm. Spektra reprodukcija sniegta 3. attēlā. Turpat dota dažu spektra detaļu identifikācija.

Oriona zvaigznājā atrodas vēl otra ar neapbruņotu aci tikko saskatāma oglekļa zvaigzne — Oriona W (W Ori). Tā izvietojas pavisam tuvu Oriona labo plecu veidojošām zvaigznēm π^5 un π^6 (sk. 1. att. un 2. att. 2). Oriona W spožuma maiņas ir pusregulāras intervālā no 5,3 līdz 7,2; aptuvenais spožuma maiņas periods — 212 dienas. Šīs C 5,4 spektra klases oglekļa zvaigznes virsmas temperatūra ir 2600 kelvinu. Arī W Ori spektrs, kas iegūts SAO, dots 3. attēlā.

Tieši zem Oriona zvaigznāja atrodas Zaķa zvaigznājs, kurā ietilpst visspožākā oglekļa mirīda debess ziemēpuslodē — Zaķa R (R Lep).

Tās redzamais spožums maksimuma laikā asnsniedz 5,5, bet minimumā ir tikai 10,5. Šīs mirīdas spožuma maiņas periods ir 432,47 dienas. Zaķa R ir visauktākā no oglekļa zvaigznēm, kuras ar neapbruņotu aci redzamas pie ziemas debesīm: tās temperatūra ir 2100 kelvinu. Zaķa zvaigznājs atrodas zemu pie horizonta, tāpēc mirīdu R Lep ir grūti sameklēt. Redzamību pasliktina dūmaka horizonta tuvumā, kas ir raksturīga parādība mūsu piejūras klimatā. Tāpēc ieteicams R Lep novērot tikai tad, kad tuvojas tās spožuma kulminācija, turklāt jāizmanto tālskatis. Par orientieriem noder Zaķa zvaigznāja α un μ . Līnija, kas novilkta starp šīm zvaigznēm, norāda uz R Lep (sk. 1. att. un 2. att. 3).

Visu ziemu augstu virs horizonta novērojama Vedēja zvaigznāja UU (UU Aur). Šīs oglekļa zvaigznes redzamais spožums tāpat ir pietiekami



3. att. BL Ori, W Ori un UU Aur spektru reprodukcijas spektra sarkandzeltenajā daļā, iegūtas ar SAO 6 m teleskopu.

liels, lai to vērtīga acs varētu saskatīt pie debess (sk. 1. att. un 2. att. 4). Vedēja UU pieder pie C6,3 spektra klases zvaigznēm. Tās spožums mainās pusregulāri no 5,1 līdz 6,8, aptuvenus maiņas periods ir 235 dienas, virsmas temperatūra atbilst 2550 kelviniem. Arī UU Aur spektrs, kas iegūts SAO 1986. gadā, tiek dots 3. attēlā.

Šai pašā zvaigznajā atrodas vēl cits interesants objekts — Vedēja UV, kas tiek pieskaitīts pie varbūtējām simbiotiskām zvaigznēm. Par simbiotiskām zvaigznēm sauc objektus, kas sastāv no maza izmēra karstā pundura ($R \approx 0,5R_{\odot}$, $T \approx 10\,000\text{ K}$) un no vēlas spektra klases milža ($R \approx 100 R_{\odot}$, $T \approx 3000\text{ K}$). Abas zvaigznes turklāt ietver gāzu miglājs. Šādu objektu spektrus pamatā veido aukstā milzu zvaigzne, bet karstā pundura starojums ierosina daudzkārt jonizētas

aizliegtās līnijas — divkārt jonizēta skābekļa [O III], jonizēta hēlija [He II] un seškārt jonizētas dzelzs [Fe VII] līnijas. Arī oglekļa zvaigznes UV Aur spektrā 1944. gadā izdalītas [O III] aizliegtās līnijas. Tādēļ tā tiek pieskaitīta pie varbūtējām simbiotiskām zvaigznēm. Diemžēl UV Aur ir par vāju, lai to varētu novērot pat ar nelielu tālskati.

PLANĒTAS

Pārskatu par spožāko planētu redzamību Latvijā 1988./89. gada ziemā sniedz tabula. Tajā dotas ziņas par to, kad, kurā zvaigznajā vai debespusē attiecīgā planēta būs novērojama un kāds būs tās redzamais zvaigžņlielums.

Planēta	Novērošanas iespējas un redzamais spožums			
	decembrī	janvārī	februārī	martā
Merkurs	—	vakarā dienvidrietumos, +0 ^m ,4	—	—
Venēra	no rīta Svaru zv-jā, -3 ^m ,3	no rīta Strēlnieka zv-jā, -3 ^m ,3	—	—
Marss	vakarā Zivju zv-jā, -0 ^m ,2	vakarā Zivju zv-jā, +0 ^m ,4	nakts pirmajā pusē Auna zv-jā, +1 ^m ,0	vakarā Vērša zv-jā, +1 ^m ,3
Jupiters	visu nakti Vērša zv-jā, -2 ^m ,3	visu nakti Vērša zv-jā, -2 ^m ,2	nakts pirmajā pusē Vērša zv-jā, -2 ^m ,0	vakarā Vērša zv-jā, -1 ^m ,8
Saturns	—	—	no rīta Strēlnieka zv-jā, +0 ^m ,8	no rīta Strēlnieka zv-jā, +0 ^m ,8

No tālākajām planētām februārī redzams Urāns ļoti zemu pie horizonta 7° uz rietumiem no Saturna kā +6^m,1 zvaigžņlieluma objekts.

APTUMSUMI

Pilns Mēness aptumsums 1989. gada 20. februārī redzams Eiropā, Āzijā, Austrālijā un Jaunzēlandē. Kā daļējs aptumsums tas vērojams Ziemeļamerikā. Latvijā redzams aptumsuma beiguposms — pēc maksimālās aptumsuma fāzes iestāšanās (Mēness Rīgā lec pl. 18^h28^m, bet maksimālā aptumsuma fāze iestājas pl. 18^h35^m,4). Vislielākā aptumsuma fāze ir 1,279 Mēness redzamā diametra vienības.

Daļējs Saules aptumsums 1989. gada 7. martā redzams Ziemeļamerikā, Āzijas ziemeļaustrumu daļā un Grenlandē. Latvijā tas nav novērojams.

MĒNESS FĀZES

○ pilns Mēness ☾ pēdējais ceturksnis

23. decembrī 8^h30^m 31. decembrī 7^h57^m

22. janvārī 0 34 30. janvārī 5 03

20. februārī 18 33 28. februārī 23 09

● jauns Mēness ☽ pirmais ceturksnis

7. janvārī 22^h23^m 14. janvārī 16^h59^m

6. februārī 10 38 13. februārī 2 16

7. martā 21 20 14. martā 13 12

I. Eglītis

PIRMO REIZI «ZVAIGŽNOTAJĀ DEBESĪ»

Ingrīda MIKLĀVA — Rīgas Vēstures un kuģniecības muzeja zinātniskā sekretāre, vēsturniece. 1979. gadā beigusi P. Stučkas Latvijas Valsts universitātes Vēstures un filozofijas fakultāti. Interēšu lokā Rīgas kartogrāfijas pagātne.



СОДЕРЖАНИЕ

ПОСТУПЬ НАУКИ. Э. Грасберг, Я. Миезис. Главное событие 1987 года в астрономии. З. Алксне. Откуда появляются кометы? НОВОСТИ. А. Балклавс. Структура элементов магнитного поля Солнца. Н. Цимахович. Волны с терминатора. Н. Цимахович. Солнечная активность — фактор риска в послеоперационном периоде. Леонид Розе. Проект VERA. ИССЛЕДОВАНИЕ И ОСВОЕНИЕ КОСМОСА. Э. Мукин. «Фобос» и Марс. Я. И. Страуме. Правовые аспекты освоения космоса. НЕИЗВЕСТНОЕ ОБ ИЗВЕСТНОМ. Г. Озолинш. Как Плутон получил свое название. В ШКОЛЕ. Л. Шмитс. Тринадцатая открытая республиканская олимпиада по физике. Л. Шмитс. Успех юных физиков Риги. В КРУГУ ГИПОТЕЗ. А. Балклавс. В поисках решения. НАШИ ИССЛЕДОВАТЕЛИ СООБЩАЮТ. Я. Нагелис, Б. Рябов. Наблюдение Солнца на RATAN-600 в автоматическом режиме. КОМПЬЮТЕР В АСТРОНОМИИ. Т. Романовскис, А. Раудис. Спутники Юпитера в компьютере и телескопе. ОГЛЯДЫВАЯСЬ НА ПРОШЛОЕ. Б. Роловс. Охота за десятичными знаками за 30 столетий, или история числа π . И. Миклава. Карты и планы в музее Истории гор, Риги и мореходства. СТРАНИЦА ЛЮБИТЕЛЯ. И. Вилкс. Необычные закаты Солнца. В. Одинокий, Я. Каулинш. Шлифовальная машина для 400-мм оптики. ВЕРЬ НЕ ВЕРЬ. Б. Биедриньш. Если лесоматериалы заготавливаем зимой... . НОВЫЕ КАНДИДАТЫ НАУК. М. Дирикис, А. Салитис — новый кандидат наук. ● И. Эглитис. Звездное небо зимой 1988/89 года.

CONTENTS

RECENT DEVELOPMENTS IN SCIENCE. E. Grasbergs, J. Miezis. The principal event in astronomy in 1987. Z. Alksne. Where do the comets come from? NEWS. A. Balklavs. The structure of the Sun's magnetic field elements. N. Cimahoviča. Waves from the terminator. N. Cimahoviča. Sun's activity causes post-operative danger. Leonids Roze. Project VERA. SPACE INVESTIGATION AND EXPLORATION. E. Mūkins. «Fobos» and Mars. J. I. Straume. Legal aspects of space investigation. UNKNOWN ABOUT KNOWN. G. Ozoliņš. How Pluto got its name. AT SCHOOL. L. Smits. The thirteenth open republican olympiad in physics. L. Smits. The achievements of Riga physicists. AMID HYPOTHESES. A. Balklavs. Searching for solution. OUR SCIENTISTS INFORM. J. Nāgelis, B. Rjabovs. Sun observation with RATAN-600 in an automatic regime. COMPUTER IN ASTRONOMY. T. Romanovskis, A. Raudis. Jupiter satellites in computer and telescope. FLASHBACK. B. Rolovs. Pursuit of the decimal signs lasting 30 centuries or the history of number π . I. Miklāva. Maps and plans in Riga History and navigation museum. AMATEUR'S PAGE. I. Vilks. Extraordinary sunsets. V. Odiņokis, J. Kauļiņš. Polishing machine for 400-mm optics. BELIEVE IT OR NOT. B. Biedriņš. If timber is prepared in winter... NEW CANDIDATES OF SCIENCES. M. Dirikis, A. Salitis — new candidate of sciences. ● I. Eglītis. The starred sky in the winter of 1988/89.

ЗВЕЗДНОЕ НЕБО, ЗИМА 1988/89 ГОДА

Составитель *Лео Албинович Дунцан*
Издательство «Зинатне». Рига 1988
На латышском языке

ZVAIGZNOTĀ DEBESS, 1988./89. GADA ZIEMA

Sastādītājs *Leo Duncāns*.

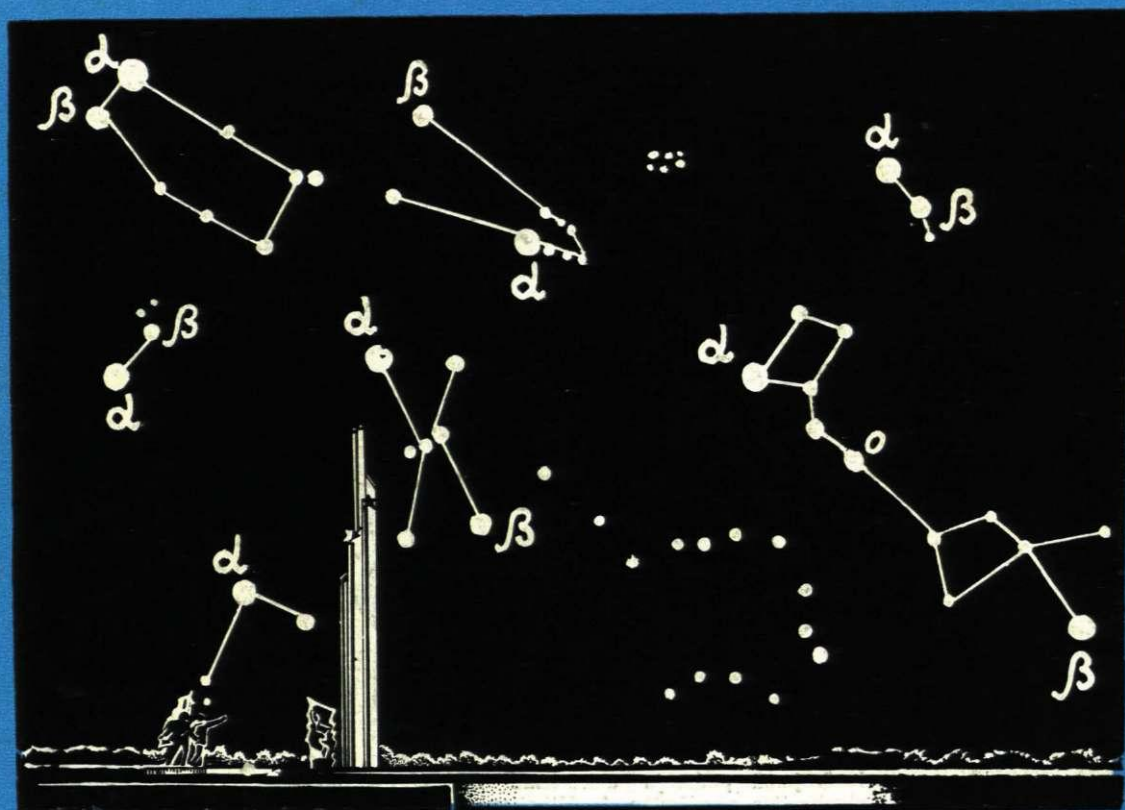
Redaktore *Z. Kļaviņa*. Mākslinieciskais redaktors *V. Kovaļovs*. Tehniskā redaktore *D. Gedraite*. Korektore *L. Vancāne*.

Nodota salikšanai 26.07.88. Parakstīta iespiešanai 28.10.88. JT 09448. Formāts 70×90/16. Tipogr. papīrs Nr. 1. Literatūras garnitūra. Augstspiedums, 4,75 fiz. iespiedl.; 5,56 uzsk. iespiedl.; 6,87 uzsk. kr. nov.; 6,54 izdevn. 1. Metiens 3000 eks. Pasūt. Nr. 103929. Maksā 35 k. Izdevniecība «Zinātne», 226530 PDP Rīgā, Turgeņeva ielā 19. Iespiesta Latvijas PSR Valsts izdevniecību, poligrāfijas un grāmatu tirdzniecības lietu komitejas Rīgas Paraugtipogrāfijā, 226004 Rīgā, Vienības gatvē 11.



Ievērojamā padomju astronoma PSRS Zinātņu akadēmijas akadēmiķa A. Mihailova piemiņas medaļa. Autors — tēlnieks J. Strupulis.

● Ziemas vakaros zvaigžņotā debess labi novērojama arī pilsētā. Visvieglāk atrodams krāšņais Orions (mūsu attēlā centrā) ar α — Betelgeizi un β — Rīgelu. Virs tā nedaudz uz austrumiem redzami Dviņi (α — Kastors, β — Pollukss), bet tieši virs Oriona — Vērsis (α — Aldebarans, β — Nats). Debess austrumpusē zem Dviņiem atrodas Mazais Suns (α — Procions, β — Gomeiss), bet vēl zemāk — Lielais Suns (α — Sīriuss, β — Mirzams). Rietumos no Oriona augšā ar divām zvaigznēm — α (Hamalu) un β (Širatānu) — iezīmēts Auns. Zem tā — Valzivs (α — Mekabs, β — Difda).



● Vērsa zvaigznāja robežās atrodas arī Sietiņš, kurā tikai ļoti laba acs saredzēs visas septiņas zvaigznes, bet, skatoties ar binokli, kam ir seškārtīgs palielinājums, tajā var saskatīt jau 130 zvaigznes. Ievērojama ir Mira — Valzivs o. Tā ir pirmā apzinātā maiņzvaigzne, pazīstama kopš 1638. gada. Miras spožuma maiņas periods ir 331,96 dienas. Kārtējais spožuma maksimums iestājas šā gada 29. novembrī. Decembrī spožums sāk strauji samazināties, un janvārī Mira novērojama vairs tikai ar binokli.