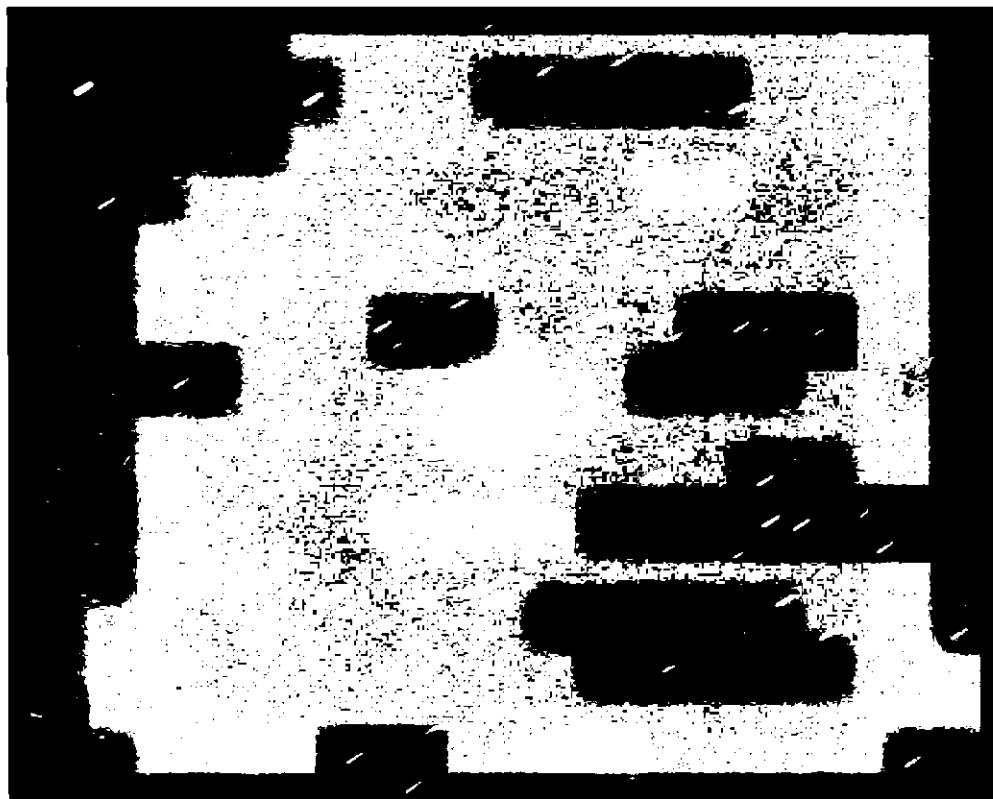


ZVAIGŽNOTĀ DEBESS



Ceļa vārdi «Zvaigžņotajai Debessij» ● Lodveida zi-
bens — joprojām mikla ● Skaitļi un pasaules tau-
tas ● «Salūta» apkalpes virišķība ● Haleja komēta
un babilonieši ● «Skylab», «Spacelab» — bet kas
tālāk? ● Origami un matemātika ● «Alfa-85»

1986
PAVASARIS



Džakobini—Cinnera komēta; 1985. gada 17./18. augustā ar Riekstukalna Smita teleskopu uzņēmis A. Alksnis (ORWO ZU21 tipa astronomiskā fotoplate, ekspozīcija 10 min). I. Jurgīša fotokopija. (Ziemeļi augšā, austrumi pa kreisi.)

ZVAIGŽNOTĀ DEBĒS

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

1986. GADA PAVASARIS (111)



REDAKCIJAS KOLEĢIJA:

A. Alksnis, A. Balklavs (atbild.
red.), J. Bīrzvalks (atbild. red.
vietn.), A. Buiķis, N. Cimaho-
viča, L. Duncāns (atbild. sekr.),
J. Francmanis, J. Kalniņš,
J. Klētnieks, T. Romanovskis,
L. Roze, E. Vēbers

Numuru sastādījis A. Buiķis

Publicēts saskaņā
ar Latvijas PSR
Zinātņu akadēmijas
Redakciju un izdevumu
padomes 1985. gada
23. oktobra lēmumu



RĪGA «ZINĀTNE» 1986

SATURS

J. Stradiņš. Ceļa vārdi «Zvaigžnotajai De-
besij» 2

Zinātnes ritums

I. Kramiņa, J. Mednis. Lodveida zibens —
anomāla atmosfēras parādība 4
A. Ozols. Ultraīso impulsu lāzeri 9
E. Riekstiņš. Naturālo skaitļu nosaukumi pa-
saules tautu valodās 13

Jaunumi

N. Cimahoviča. Uzliesmojumu priekšvēst-
neši — arī rentgenstaros! 18
N. Cimahoviča. Saules ietekmes centri Zemes
atmosfērā 19

Kosmosa apgūšana

Ceturta ekspedīcija uz «Salūtu-7» (pēc TASS
ziņojumiem) 22
K. Feoktistovs. «Salūta» apkalpes virišķība 24
E. Mūkins. Pirmā tikšanās ar komētu 29
E. Mūkins. «Skylab», «Spacelab» — bet kas
tālāk? 33

Atskatoties pagātnē

H. Ēlsalu. Leduslaikmeta zvaigžņu karte 39
J. Klētnieks. Babiloniešu senākie Haleja ko-
mētas novērojumi 41

Skolā

L. Smits. Republikas skolēnu olimpiāžu uz-
varētāju vasaras skola seminārs «Alfa-85» 48
A. Andžāns. Sākam jaunu rakstu sēriju 48
M. Stupāne. Ģeometriskās konstrukcijas ar
papīra lapas locīšanas palīdzību 49
L. Smits. Republikas desmitā atklātā fizikas
olimpiāde (uzdevumi un risinājumi) 54
J. Jantovskis. Pārrunas par enerģijas plūš-
mām 60

Konferences, sanāksmes

A. Balklavs. Starptautiska apspriede par Sau-
les maksimuma gada rezultātu analīzi 63
A. Rudzinskis. Zvaigžnotā debess 1986. gada pa-
vasarī 67

© Izdevniecība «Zinātne», 1986

CEĻA VĀRDI „ZVAIGŽŅOTAJAI DEBESIJ”

«Zvaigžņotās Debess» mūžā pienācis svarīgs brīdis: tā pārtapusi par parakstāmu periodisku izdevumu. Saprotams, arī līdz šim «Zvaigžņotā Debess» nonāca lasītāju rokās regulāri četras reizes gadā de facto, bet tagad tas notiks de iure — varēsīm to atrast «Preses apvienības» izplatāmo izdevumu sarakstā, un tas — mēs visi ceram — darīs izdevumu vēl izplatītāku, pieejamāku, īpaši skolu jaunatnei visā republikā. Līdz ar to mūsu «lielajam» populārzinātniskajam žurnālam «Zinātne un Tehnika» piebiedrojas māsa — «Zvaigžņotā Debess». Māsa, bet ne jaunākā māsa — paradoksālā kārtā jaunais izdevums, izrādās, ir veselus divus gadus vecāks par «Zinātni un Tehniku»!

Patiesi, «Zvaigžņotā Debess» mūsu mājās ienāca līdz ar pirmajiem galvu reibinošajiem, pasaulvēsturiskajiem panākumiem kosmosa iekarošanā — ar pirmo Zemes mākslīgo pavadoņi, pirmo Mēness raķeti, Juriņa Gagarina lidojumu. Tas bija laiks, kad visi prāti bija piesaistīti kosmosam, zvaigžņotajai un «spuņņikotajai» debesij. Mūsu ievērojamais astronoms Jānis Ikaunieks, pats izcils zinātnu popularizētājs būdams, šo apstākli izmantoja, lai dibinātu jauno izdevumu, kura pirmās, vēl samērā necilās burtniņņas sāka savu ceļu pie lasītāja 1958. gada rudenī.

«Zvaigžņotā Debess» nāca gads pēc gada, pavasarī, vasarā, rudenī un ziemā, lai informētu latviešu lasītāju par jaunumiem kosmosa apgūšanā, par panākumiem debess objektu izpētē, jaunām hipotēzēm un teorijām, pie viena sniedzot arī mūsu astronomu dzīves un darba

hroniku un atskatu zinātnu (astronomijas un tās blakusnozaru) vēsturē. Ikvienā izdevuma laidienā līdzās konvencionālajai informācijai bija atrodams arī kas pirmreizīgs. Saprotams, ar laiku kosmosa pētniecība kļuva zināmā mērā par ikdienu, par grūta un komplicēta un tomēr savā ziņā rutīnas darba jomu, noslēpumu un sensāciju oreols daļēji zaudēja sākotnējo spožumu. Neslēpsim, bija arī brīži, kad izdevums pārdzīvoja tādu kā tematikas un autoru «krīzi», ko varbūt pamanīja ne tik daudz lasītāji, cik paši veidotāji.

Pēdējos gados paplašinājies izdevuma tematiskais loks. Palikusi, protams, sava radītāja un nemitīgā saimnieka — Zinātnu akadēmijas Radioastrofizikas observatorijas — lietpratīgajā pārziņā, «Zvaigžņotā Debess» nemainīgi dedzīgi turpina popularizēt astronomijas un Visuma izziņas problēmas, taču astronomijai līdzās nostājušās tās fundamentālās zinātnes, uz kurām balstās gan pati astronomija, gan pašreizējais zinātniski tehniskais progress. Arvien vairāk rakstu tiek publicēti par teorētisko un lietišķo fiziku, matemātiku, ģeofiziku. Zinātnu vēsturei pievienojas filozofija un zinātnu metodoloģija. Ieskanējušās jaunas stīgas, nāk jaunas tēmas, jauni autori. Iepriecina fakts, ka arvien vairāk tiek rakstīti par fizikas un matemātikas olimpiādēm, līdzīgi kā to dara vissavienības žurnāls «Kvant». Tematiskais loks kļūst plašāks un plašāks — un tomēr nezaudē savus ietvarus, nekļūst amorfs. Pagājušajā gadā, piemēram, īpaši skanējusi Krišjāņa Barona un folklorā ietverta seno dabaszinātnisko priekšstatu tēma — nav aizmirsts,

ka arī K. Barons bijis astronoms, lai gan ne diplomēts.

Un, lūk, šī tematikas paplašināšanās likumsakarīgi ļāvusi sākotnēji speciālāk orientētajam izdevumam sasniegt vispusību. Tas arī ir viens no galvenajiem priekšnosacījumiem «Zvaigžņotās Debess» pārtapšanā par parakstāmu izdevumu, un šo ziņu ar prieku uzņems visi, kam rūp mūsu populārzinātniskās literatūras izkopšana.

Kopš pašiem izdevuma pirmsākumiem esmu ar prieku lasījis katru «Zvaigžņotās Debess» numuru, ieteicis izdevumu zinātkāriem jauniem cilvēkiem, sūtījis atsevišķas burtņīcas uz ārzemēm kolēģiem, kuri interesējas par «debess lietām» (un to vidū ir bijuši ne vien zinātnieki, bet arī ievērojamais dra-

maturģis Mārtiņš Ziverts, kas atzinis «Zvaigžņoto Debese» par vienu no vērtīgākajiem un saistošākajiem latviešu periodiskajiem izdevumiem). Nu varētu izdevumu abonēt, bet ... labāk tomēr mēģināšu to «medīt» kādā kioskā, lai arī te būtu savs pārsteiguma efekts, meklējumu romanlika, «deficitam» pakalpdzenoties.

Novēlēsim izdevumam arī jaunajā mūža posmā saglabāt savas pozitīvās tradīcijas, saturu daudzpusību un dziļumu, sasniegt vēl lielāku vēstījuma tēlainību un skaidrību, katrā numurā sniegt kādu pārsteigumu un piesaistīt astronomijai arvien vairāk draugu. Ne katrs lasītājs kļūs par astronomu, tomēr lai ikviens saglabā un izkopj cieņu, apbrīnu un bijību pret šo seno un mūžam jauno zinātni, mācīdamies izprast zvaigžņotās debess nozīmi arī mūsu ikdienišķajās zemes lietās.

Jānis Stradiņš



LODVEIDA ZIBENS — ANOMĀLA ATMOSFĒRAS PARĀDĪBA

INGRĪDA KRAMIŅA,
JĀNIS MEDNIS

Mēs vai ik brīdi novērojam kādu dabas parādību, un, lai gan zinām, ka to pamatā ir sarežģītas fizikālās likumsakarības, šīs parādības šķiet pārāk ikdienišķas, lai iedziļinātos to būtības meklējumos. Brīnums vai kāds negaidīts pavērsiens varbūt ir tepat blakus, varbūt slēpjas sērkokociņu kārbīnā, ko turam rokā, taču paliek neieraudzīts ... Citādi ir tad, ja sastopamies ar ko sevišķi krāšņu un varenu. Varavīksnes loks, ziemeļblāzma, debesīs mirdzošs krusts vai «krītoša zvaigzne» — arī būtībā jau izprastas parādības, tomēr tās nevienu neatstāj vienaldzīgu.

Bet ir arī vēl neizpētītas dabas parādības, kuras savijņo gan ar savu spēku un skaistumu, gan ar neizprotamību. Tās rosina fantāziju un liek meklēt atbildes uz dažādiem «kā?» un «kāpēc!», rada uzskatu sadursmes. Viena no šādām vēl neizprastām parādībām ir tā sauktais lodveida zibens.

Šķiet, pavisam vienkārši būtu uzskatīt, ka, neraugoties uz zinātnes attīstību, mūsu zināšanu līmenis vēl tomēr ir relatīvi niecīgs un īstenībā mums būtu jābrīnās nevis par to, ka notiek parādības, kuru cēloņus neizprotam, bet gan par to, ka tādu parādību ir tik maz. Taču, sastopoties ar kaut ko nezināmu, parasti mēs spriežam tā: ja reiz zinātne nevar precīzi izskaidrot parādības būtību, šī parādība ir vai nu iluzoriska, vai arī «pārdabisku» spēku darbības (piemēram, ārpuszemes civilizācijas iejaukšanās) rezultāts. Tas arī rada kņadu ap dažu dabas parādību novērojumiem. It sevišķi tas attiecas uz tā dēvētajām anomālajām parādībām atmosfērā, t. i., uz tām, kuras ir reāli novērojamas, bet kuru daba un cēlonis vēl nav noskaidroti.

Anomālās parādības atmosfērā mēdz būt visai atšķirīgas gan pēc mēroga, gan novērotā

efekta. Jautājums, kur būtu jāmeklē to cēlonis, šķiet lieks. Protams, ka atmosfērā — vidē, kurā tās novērojamas. Šādu vienkāršu uzskatu gan dažkārt liedz pieņemot apstākļus, ka pati atmosfēra liekas tik izzināta un pierasta, ka jebkura negaidīta tās spēku izpausme rada domu par kādu ārēju apstākļu darbību.

Šoreiz runāsim par visiem pazīstamu iespaidīgu atmosfēras miera traucētāju — pērkona negaisu. Tā cēlonis ir ļoti necils — ūdens pilieni elektrizācija, bet tai sekojošā grandiozā elektriskā izlāde — zibens — vienmēr piesaista uzmanību. Tieši negaisā arī visbiežāk novērota viena no anomālajām dabas parādībām — lodveida zibens (LZ).

Par LZ sauc spīdošu lodveida ķermeni no dažiem centimetriem līdz vairākiem metriem diametrā; to dēvē arī par zilo zibeni, uguns lodī,

zibens lodi un famlīdzīgi. Kas tad šajā jau kopš senseņiem laikiem novērotajā parādībā ir tik neparasts un nesaprotams, ka to atzīst par anomālu atmosfēras parādību?

Šķiet, ka LZ parādīšanās negaisa laikā acīmredzami likusi to uzlūkot par vienu no elektriskās izlādes veidiem. Tieši šeit arī slēpjas pirmais klupšanas akmens, proti, ir izveidojies visai paradoksāls stāvoklis: jo pilnīgāk tiek izziņāti elektriskās izlādes veidi un procesi, jo nesaprotamāka liekas LZ eksistence. Tāpēc arī interese par šo parādību aug. Senāk tiešām LZ gluži vienkārši varēja uzlūkot par izlādes procesu, turpretī tagad stāvoklis ir mainījies. Šobrīd mēs piefiekami izprotam izlādes dabu un zinām, ka, piemēram, parastais zibens ir gigantiska elektriska dzirkstele, kas rodas, ja kādā atmosfēras apgabalā uzkrājas tik liels lādiņš, ka notiek gaisa jonizācija un caursīte. Tādas izlādes ilgums ir ap 0,2 s, strāvas stiprums tās kanālā sasniedz 10^4 — 10^5 A, kanāla temperatūra ir līdz 30 000 K, jonizācijas frontes pārvietošanās ātrums sasniedz 10^7 m sekundē. Zibens atkārtotās būtībā vienādi, tā parametri pilnīgi iekļaujas zināmajos priekšstatos par elektrisko izlādi. Tāpat arī spīdums ap atsevišķiem izvīzītiem objektiem negaisa laikā — tā sauktā svētā Elma uguns — izskaidrojams ar labi zināmu izlādes veidu — koronas izlādi. Turpretī LZ savdabīgā izturēšanās un neparastās īpašības ir izņēmums. Kā zināms, LZ brīvi pārvietojas telpā, saglabājot krāsu, formu un izmērus, turklāt kustība var būt visai haotiska; tas pēkšņi parādās slēgtās telpās, var iziet cauri atverēm, kas daudzkārt mazākas par LZ diametru; dažreiz LZ sprāgst, dažreiz izzūd klusi un pakāpeniski; LZ gan izstaro gaismu kā ķermenis, bet tā spilgtums ir daudzkārt mazāks par elektriskās izlādes spilgtumu atmosfērā. Ja definē LZ kā izlādi un mēģina iekļaut tā īpašības mūsu zināšanu sistēmā par elektrisko izlādi, rodas iespaids, ka ir novērots neapšaubāmi materiālas dabas veidojums, kurš ignorē vispasaules gravitācijas likumu. Tādēļ liela daļa zinātnieku uzskata, ka LZ vispār nav nekā kopīga ar atmosfēras elektriskajām parādībām.

Nenoliedzams ir fakts, ka LZ galvenokārt tiek novērots negaisa laikā. Citi tā novērojumi — piemēram, zemestrīču, vulkānu izvirdumu, sniega

un smilšu vētru, viesuļu u. c. grandiozu dabas parādību laikā — tāpat ir saistīti ar atmosfēras elektrizāciju un arī parastā zibens veidošanos. Tas nepārprotami liecina, ka LZ rašanās cēlonis tiešām ir kāda elektriska parādība atmosfērā. Ja vēl turklāt atceramies, ka atmosfēras elektrizācija parasti notiek, lādiņiem uzkrājoties uz ūdens pilieniem, tad vietā var būt formulējums, ka LZ rodas no gaisa un ūdens. Plašāk tas nozīmē, ka LZ veidošanās cēlonis ir jāmeklē visu to sarežģīto procesu kopsakarībā, kuri notiek, ja atmosfēra tiek pakļauta elektriskā lauka iedarbei. Šos procesus pēta plazmas fizika un ķīmija, radiācijas procesu fizika un ķīmija u. c. zinātņu nozares. Tātad LZ problēma ir aktuāla ne tikai kā dabas parādības izskaidrojums, bet arī kā attiecīgo zinātņu nozaru problēma. Tādēļ modeļiem un hipotēzēm, kas tiek izvīzīti LZ dabas izskaidrošanai, jāiztur nopietna konfrontācija ar šo zinātņu nozarēs jau esošajiem priekšstatiem un zināšanām.

LZ īpašību ilustrācijai — daži spilgti piemēri.

Stāsta lidmašīnas IL-18M komandieris no Rīgas: «Lidmašīna izlidoja uz Maskavu. Apmēram divas minūtes pēc pacelšanās 600 metru augstumā pēkšņi parādījās oranža lode ap 60 centimetru diametrā. Pēc dažām sekundēm apkalpi apzīlbināja gaišs uzliesmojums. Atskanēja lielpabala šāviena troksnim līdzīgs grāviens.»

Aculiecinieks, kas tajā brīdī atradies uz zemes netālu no notikuma vietas, stāsta: «Kādas 15—20 sekundes pēc tam, kad lidmašīna bija nozudusi zemajos, tumšajos mākoņos, apmēram 50—100 metru augstumā parādījās balta, mirdzoša lode, aiz kuras palika gara, miglaina «aste». Divas trīs sekundes pēc lodes nozūšanas es izdzirdēju pērkona grāvienu virs pilsētas centra.»

Daudzi Rīgas iedzīvotāji ap to laiku, kad startēja lidmašīna, bija novērojuši šo parādību. Citās lidmašīnās, kuras tai laikā atradās mākoņos, apkalpes konstatēja spēcīgu lidaparātu elektrizāciju.

1962. gada vasarā kādā Maskavas apkārtnes ciemā negaisa laikā pa atvērtām durvīm istabā ielidojusi oranža, spīdoša lode ābola lielumā. Nolidojusi 1—3 sekundēs kādus trīs četrus metrus, tā iekritusi ūdens spainī un izzudusi. Ūdens siltāks nav kļuvis, tikai daļa izlijusi.

Docents Bobrins no Habarovskas 1954. gada jūlijā, ejot medībās, vakarā pirms negaisa ieradzījies baltu, spīdošu lodi 20—25 centimetru diametrā, kas pārvietojusies horizontāli dažu metru augstumā virs zemes, «kopējot» vides reljefu. No 15 metru attāluuma viņš izšāvis uz to. Lode tikai viegli sakustējusies; radies iespaids, ka skrotis brīvi izgājušas cauri. Turpmāko 40 sekunžu laikā tā veikusi ap 40 metru un pazudusi skatienam.

1965. gada 28. maijā Pērnavas rajona kolhoza «Muranga» teritorijā bijis spēcīgs negaiss. Pēkšņi kantorī ielidojusi ugunīga bumba, notriekusi no galda telefonu un tad aizlidojusi ārā pa logu fermas virzienā. Fermā gājuši bojā 24 mājlopi. Bez tam bijuši bojāti telefona sakari un elektrotīkls.

1967. gadā kāds Kazanā ārsts negaisa laikā sēdējis istabā uz krēsla. Pa logu ielidojis LZ futbolbumbas lielumā un, ripodams pa grīdu, tuvojies krēslam. Vairākas sekundes ārsta kājas atradušās spīdošajā masā, taču viņš neko nav jutis.

1961. gada jūlijā kādā Baškīrijas ciemā negaisa laikā pie debesīm parādījusies ugunīga lode ap 0,5 metrus diametrā. Atstādama aiz sevis ugunīgu dzirksteļu «asti», tā lēni pārvietojusies lejup. Gandrīz pie pašas zemes lode apstājusies, tad devusies siena šķūņa virzienā, atsīfusies pret to, un dažos mirkļos šķūnis aizdedzies.

Liekas, ka šie novērojumi ir pilnīgi pretrunīgi un tiem nav kopīgu likumsakarību; LZ ir tik dīvaina parādība, ka tā korekta novērošana šķiet gandrīz neiespējama. Pa lielākai daļai novērotāji ir nespeciālisti, turklāt spēcīgais emocionālais iespaids rada visai pretrunīgas liecības pat viena notikuma aprakstā. Piemēram, kādā ciemā Ļeningradas apkarņē vienlaicīgi fiešā tuvmā LZ novēroja divi veci cilvēki — vīrs un sieva. Abi liecinieki gan noteikti apgalvoja, ka tas bijis LZ, taču vīrs teicās redzējis 1,5 metrus lielu, sarkanu lodi, turpretī sieva — gaišzilu lodi ap 15 centimetru diametrā.

Šāda nekonsekvence liecībās bijusi vērojama jau kopš LZ zinātniskās pētīšanas sākuma. Tāpēc daudzi zinātnieki ir rūpīgi apsvēruši, vai LZ kā tāds vispār ir analizējams fakts, un jautājums par tā eksistenci ir bieži diskutēts. D. F. Arago, piemēram, uzskatīja LZ par vienu no parastā zi-

bens veidiem, turpretī M. Faradejs apgalvoja, ka tā ir tikai iluzoriska parādība, kas saistīta ar pēcattēla saglabāšanos uz acs tīklenes pēc tuva parastā zibens uzliesmojuma. Pēdējā laikā jautājums par LZ eksistenci, liekas, ir noskaidrojies, pateicoties galvenokārt tādu zinātnieku kā I. Stahanova, S. Singera, Dž. Berija u. c. rūpīgam pētnieciskajam darbam. Šie zinātnieki veikusi objektīvu faktu atlasu un apkopojumu, kā arī izvirzījuši savas hipotēzes LZ dabas noskaidrošanai. Amerikāņu zinātnieks Berijs izvirzījis tā dēvēto LZ ķīmisko teoriju, padomju zinātnieks Stahanovs ir ievērojamās LZ klāsteru hipotēzes (to aplūkosim turpmāk) autors.

Konstatēts, ka daudzas liecības par LZ novērojumiem ir vai nu attiecināmas uz citām atmosfēras parādībām, piemēram, koronas izlādi, vai arī saistītas ar kļūdainām fizioloģiskajām sajūtām. Ir apšaubāmas arī daudzas LZ fotogrāfijas, jo tās ir pretrunā ar pievienotajiem aprakstiem. Ir pat zināmas dažādas LZ uzņēmumu viltošanas metodes, piemēram, fotografējot apgaismojuma spuldzes vai nelielus sprādzienus. Rezultātā tikai nedaudzi no analizētajiem faktiem ir atzīti par neapstrīdamiem. Tomēr to ir pietiekami, lai šobrīd LZ eksistenci uzskatītu par pierādītu; un tagad tiek veikts intensīvs zinātniskais darbs tā pētīšanā.

Jau kopš 18. gadsimta, kad daudzi pētnieki nonāca pie secinājuma, ka LZ ir saistīts ar negaisu un tādā elektriskām parādībām, tika izdarīti dažādi eksperimenti, lai iegūtu LZ mākslīgi, kas būtiski atvieglotu tā pētīšanu. Šādus eksperimentus veikusi daudzi slaveni zinātnieki: N. Tesla, G. Rihmanis, P. Kapica un citi. Starp citu, pastāv uzskats, ka krievu zinātnieks G. Rihmanis gājis bojā eksperimenta laikā, kļūdamas tieši par LZ upuri.

Eksperimentos izmanto atmosfēras elektrību, izlādi gāzēs, izlādi cietā vadītājā, radot metāla tvaikus atmosfērā, fokusētu augstfrekvences izlādi, ķīmiskās reakcijas un tamlīdzīgi (1. att.). Tomēr, neraugoties uz milzīgo darbu, pagaidām laboratorijās nav izdevies iegūt neko tādu, ko varētu identificēt ar LZ, tādēļ dabā novērojama LZ joprojām ir un paliek vienīgais informācijas avots tā pētīšanai. Vistabāk, protams, būtu novērot dabisko LZ speciāli šim mērķim iekārtotā laboratorijā, taču šī parādība ir reta,

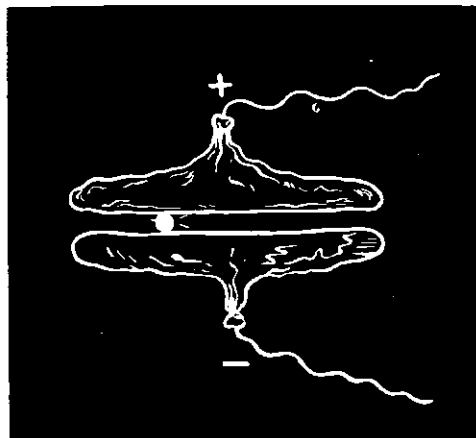
turklāt ar izteiktu gadījuma raksturu, tāpēc šādas novērošanas iespējas varbūtība ir visai niecīga. Viens no labākajiem veidiem, kā iegūt informāciju par minēto dabas parādību, izrādījās plašas, pēc noteiktas sistēmas veiktas iedzīvotāju aptaujas un iegūto datu zinātniska apstrāde. Aptaujas sevišķi izplatītas ir mūsu valstī un Amerikas Savienotajās Valstīs. Pie mums tās organizē plašā mērogā, piemēram, 1975. gadā žurnāls «Nauka ir žiņņ» publicēja rakstu ar lūgumu iedzīvotājiem ziņot par LZ novērojumiem. Turpretī ASV aptaujas tiek izdarītas nelielos kolektīvos.

Kādu informāciju par LZ dod šādas aptaujas bez paša tā eksistences fakta? Pirmkārt, ziņas par tā rašanās un novērošanas varbūtību. Kaut gan LZ pieņemts uzskatīt par reti dabas parādību un pēc mūsu valstī esošajām ziņām aprēķināts, ka varbūtība to novērot cilvēka mūžā ir 0,01, jāzina, ka LZ novērošanas biežums atšķiras no tā rašanās biežuma. Situācija ir analoga tiem gadījumiem, kad par reti sastopamiem tiķuši uzskatīti tādi dzīvnieki, kas patiesībā ir tikai reti novēroti, jo mīt cilvēkiem grūti pieejamās vietās. Tieši tāpat ir grūtāk novērot LZ salīdzinājumā, piemēram, ar parasto zibeni — galvenokārt LZ relatīvi nelielo izmēru un nelielā spilgtuma dēļ. Aprēķināts, ka LZ rašanās varbūtība ir apmēram tāda pati kā varbūtība notikt parastā zibens izlādei no mākoņa uz zemi.

Otrkārt, un tas ir pats galvenais, rūpīgi sistematizējot un apstrādājot informāciju, salīdzinot iegūtos datus ar citu aptauju rezultātiem, iegūstam ticamu informāciju par LZ tipiskajām īpašībām. Kādas tās ir? Kāds izskatās un kā izturas statistiski vidējais LZ?

Tā forma ir tuva lodveidīgai, diametrs 10—20 cm, krāsa dzeltēna vai sarkana, LZ pārvietojas galvenokārt horizontāli, ar ātrumu 1—2 m/s, eksistē dažas sekundes, parasti izzūd pēkšņi, ar lielāku vai mazāku sprādzieni.

Tāds būtu tipiskā LZ vizuālais portrets. No tā var izdarīt visai interesantus secinājumus, un proti: analizējot LZ kustības veidu un nodarītos postījumus, iegūst informāciju par tā fizikālajām īpašībām un enerģijas daudzumu tajā. Šie dati tad, savukārt, var noderēt kā izejas punkts hipotēzēm un teorētiskajiem modeļiem, kuri cenšas



1. att. Shēma, kas ilustrē agrinos mēģinājumus iegūt LZ eksperimentālā veidā ar elektrisko izlādi. Izlāde notiek starp diviem samitrinātiem elektrodiem, un tai tiešām ir lodes veids. Pēc sprieguma atslēgšanas, atšķirībā no LZ, lode izzūd. (Pec *Plante G. Sur la foudre globale*. — *C. R. Hebd. Seances Acad. Sci.*, 1884 b, vol. 99, p. 273.)

izskaidrot LZ fizikālo dabu un rašanās mehānismu.

Kādi var būt secinājumi par LZ īpašībām?

Tā kustība ir samērā lēna, pārsvarā horizontālā virzienā un ļoti atgādina tāda ķermeņa kustību, kura blīvums ir tuvs apkārtējās vides blīvumam. Tā kā LZ rodas un pārvietojas atmosfērā, tad tā blīvums jāpieņem tuvs apkārtējās vides blīvumam, struktūra, protams, gāzveida, ko apliecina arī citi novērojumi.

LZ pārvietojoties saglabā savu formu, bet tas nav iespējams, ja divas gāzes ar tuviem blīvumiem kustas attiecībā viena pret otru. Vienīgais secinājums šeit var būt tas, ka pastāv kādi spēki, kas satur kopā LZ, neļaujot tam sajaukties ar atmosfēru. Jāuzskata, ka, tāpat kā divus nesajaucošos šķidrumus, arī LZ saista virsmas spraiguma spēki. Tas, savukārt, nozīmē, ka LZ sastāvā noteikti ietilpst elektriski ļoti viegli polarizējamas daļiņas vai, kas ir visticamāk, tas sastāv no lādētām daļiņām.

Tālāk, ja reiz LZ ir gāzveida un tā blīvums tuvs gaisa blīvumam, tad, tā kā gāzes blīvums ir apgriezti proporcionāls tās temperatūrai, iz-

riet, ka LZ temperatūra ir vienāda vai tuva atmosfēras temperatūrai. Šis secinājums ir ļoti svarīgs un pirmajā mirklī šķiet neticams. Tiešām, iznāk, ka šī mirdzošā lode, kas daudzreiz izraisa ugunsgrēkus un vienmēr asociējas ar kaut ko karstu, pafiesībā ir auksta! Tas, protams, nebūt nenoliedz iespēju rasties ugunsgrēkam: siltums izdalās LZ sairšanas rezultātā.

Faktam, ka LZ temperatūra ir tuva normālai atmosfēras temperatūrai, ir ļoti būtiska nozīme tā fizikālās dabas noskaidrošanā. Tas nozīmē, ka, lai gan LZ sastāvā acimredzot ietilpst lādētas daļiņas, piemēram, joni, LZ nevar būt plazmas veidojums šā vārda parastajā nozīmē. Atcerēsimies, ka ar vārdu «plazma» saprotam augstas temperatūras jonizētu vidi, kurā nepārtraukti un ļoti ātri noris jonu rašanās un rekombinācijas procesi. Šādas vides piemērs ir kaut vai plazma, no kuras sastāv parastais zibens. Zemā temperatūrā jonu pāri no jauna neveidojas, un, ja gadījumā tie izveidojušies kāda enerģijas avota darbības rezultātā, tad to rekombinācija ir pietiekami ātra, lai mēs LZ gluži vienkārši nepagūtu ieraudzīt. Līdz ar to savu nozīmi zaudē agrāk diezgan populārās teorijas, saskaņā ar kurām LZ ir plazmoīds, tas ir, plazmas veidojums, kura stabilitāti nosaka, piemēram, virpuļstrāvas tā iekšienē. Tāpat kritiku neiztur uzskati, ka LZ rodas kodoltermisku procesu rezultātā vai ka tas ir plazma, kuru rada un uztur kāds ļoti efektīvs, mums pagaidām nezināms enerģijas avots. Visos šajos gadījumos LZ temperatūrai būtu jābūt ļoti augstai.

Tāpat zemā temperatūrā liecina, ka mēs, iespējams, esam sastapušies ar kādu vēl nepazīstamu vidi. Seit gan jāpiebilst, ka tādēļ daudz nopietnāk jāraugās uz tā dēvētajām LZ ķīmiskajām teorijām, saskaņā ar kurām LZ ir, piemēram, kāda viela, kas lēni izdeg vai tikai spīd atmosfērā. Šādi uzskati parādījās jau pašā LZ pētīšanas sākumā; turklāt laboratorijas apstākļos, izmantojot dažu vielu degšanas vai hemiluminiscences procesus, var iegūt dabā novērotajam LZ optiski tuvas parādības. Tomēr attiecīgos ķīmiskos procesus raksturo ļoti maza energoietilpība, turpretī LZ dažkārt nodara diezgan ievērojamus postījumus.

Kāda tad ir LZ enerģija? Par to spriež pēc LZ nodarīto postījumu apjoma. Parasti novērtē

kopējo enerģiju, kāda nepieciešama, lai radītu bojājumus, kas ekvivalenti LZ nodarītajiem. Kā tipiskas LZ radītās sekas, pēc kurām visbiežāk nosaka enerģiju, var, piemēram, minēt sprādzieni rezultātā bojātus kokus, ēkas, izkausētus vai iztvaicētus metāliskus priekšmetus. Tā kā LZ katrā konkrētajā gadījumā atšķiras pēc saviem ģeometriskajiem izmēriem, tad parasti kā raksturojošu lielumu lieto LZ enerģijas blīvumu, ko iegūst, dalot kopējo LZ enerģiju ar tā tilpumu. Par pēdējo, savukārt, ziņas iegūst no aculiecinieku stāstījuma vai arī pēc LZ atstātajām pēdām. Aprēķinu rezultātā iegūtais enerģijas blīvums ir dažī džouli uz kubikcentimetru, tātad tipisks LZ slēpj sevī ap 10^4 J lielu enerģiju. Ar to pietiek, lai uzvārtu tikai ēdamkaroti ūdens, tāpēc liekas, ka LZ enerģijas krājumi ir ļoti mazi. Vienlaicīgi gan jāatceras, ka tikpat enerģijas izdalās apmēram 5 g trotila sprādzienā. Līdz ar to kļūst saprotams, ka dažreiz LZ nodara diezgan ievērojamus postījumus, jo sprādziena jauda var būt krietni liela. Piemēram, ja LZ izzūd 0,01 sekundē, tad sprādzienā izdalītā jauda sasniedz 10^6 vatu.

Tagad varam apkopot datus par LZ fizikālajām īpašībām. Tātad LZ, domājams, ir gāzveida ķermenis, kurš satur lādētās daļiņas, un tā formu un izmērus nosaka virsmas spraigums. Šā veidojuma blīvums ir tuvs gaisa blīvumam, tas ir, ap $1,3 \cdot 10^{-3}$ g/cm³, temperatūra — no atmosfēras temperatūras līdz 300 °C, enerģijas blīvums 1—10 J/cm³. Tas viss izvirza jautājumu: kāda vide tad īsti veido LZ?

Ja LZ fizikālo īpašību izziņošana būtu veikta tikai ar mērķi identificēt vidi, no kā sastāv LZ (piem., plazma, metāla tvaiki, šķidrums u. tml.), un pie tam, atrodot mehānismu, kā šī vide var veidoties negaisa laikā, atrisināt LZ problēmu, tad būtu sasniegts pretējais rezultāts. Izrādās, ka pati fizikālā vide, kuras parametri atbilstu konstatētajām LZ īpašībām, nav pazīstama. Līdz ar to, kā jau tas ne reizi vien ir bijis LZ pētīšanas vēsturē, ir nevis atrisināta problēma, bet radusies jauna mīkla — vide, kas veido LZ. Saprotams, ka, cerot atminēt šo mīklu, mēs ceram arī iegūt iespēju radīt šādu interesantu vidi mākslīgi un praktiski izmantojot tās īpašības.

(Nobeigums nākamajā numurā)

ULTRAĪSO IMPULSU LĀZERI

(1. turpinājums)

**ANDRIS
OZOLS**

Aplūkosim sīkāk UIL izmantošanu un nozīmi dažādās zinātnes un tehnikas nozarēs.

Spektroskopija un nelineārā optika ir fizikas nozars, kurās lāzēri, un īļ sevišķi UIL, ir izraisījuši tik kardinālas pārmaiņas, ka pat vārds «revolūcija» neliekas pietiekami spilgts.

Pirmslāzēru spektroskopija (fizikas nozare, kas pēta kvantu pārejas starp dažādiem kvantu stāvokļiem vielā) bija praktiski stacionāra* un pasīva. Tā aplūkoja vielu termodinamiskā līdzsvara stāvoklī vai tuvu tam. Lāzerspektroskopijas pamatā, tieši otrādi, ir intensīva un selektīva (pēc frekvences, polarizācijas, τ) starojuma iedarbe uz vielu, kas rada stipri nelīdzsvarotu vielas stāvokli. UIL ļauj ne vien radīt šādus stāvokļus, bet arī ar lielu izšķirtspēju pētīt to evolūciju laikā. Tikai UIL dod iespēju pētīt tik ātrus procesus vielā kā fononu (kristāliskā režģa svārstību) relaksāciju 10^{-12} – 10^{-14} sekundēs, molekulu rotāciju ($\tau_{rel} \approx 5 \cdot 10^{-11}$ s) un svārstības ($\tau_{rel} \approx 5 \cdot 10^{-13}$ s) šķidrums un gāzēs, kristāliskā režģa defektu centru veidošanos (piem., konstatēts, ka F centri KCl kristālos ultravioletā starojuma ietekmē rodas 11 pikosekundēs), fotogenerēto brīvo lādiņu kustību cietā vielā ($\tau_{rel} \approx 10^{-12}$ s) un tā tālāk. Visu šo un citu superātru procesu pētīšanas princips ir šāds (4. att.): ultraīss intensīvs gaismas impulss selektīvi ierosina pētāmo vielas paraugu. Pēc tam paraugu zondē ar otru, vāju, laikā nobīdītu tās pašas vai citas frekvences (4. att., a) vai baltās gaismas ultraīsu impulsu, vai arī ar nepārtrauktu baltas gaismas starojumu (4. att., b). Rezultātā iegūst absorbcijas (nedaudz izmainot shēmu, var iegūt arī citu — kombinatīvās izkliedes, luminiscences utt.) spektra izmaiņu ar pikosekunžu vai vēl labāku izšķirtspēju laikā. Skaidrs, ka šādi nestacionāri

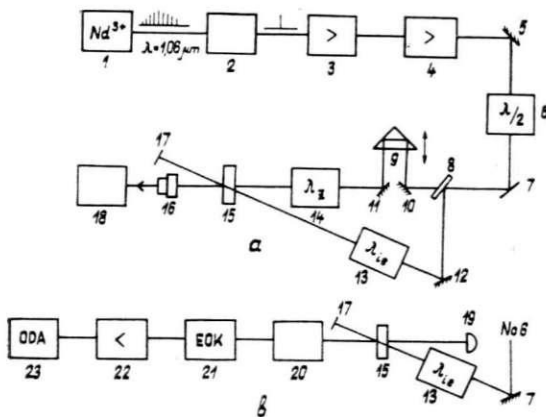
* Stacionārs ir process, kura norise laikā ir nemainīga, piem., vienmērīga taisnvirziena kustība, periodiskas nerimstošas svārstības.

spektri ir daudz informatīvāki par klasiskajiem stacionārajiem, jo ļauj atšķirt vielā procesus, kuru norise laikā (kinētika) ir dažāda; agrāk tas nebija iespējams.

Nestacionāru procesu kinētika lielā mērā ir atkarīga no τ un vielu raksturojošo laiku (garenrelaksācijas un šķērsrelaksācijas laiki T_1 un T_2 , brīvo lādiņu difūzijas un rekombinācijas laiki utt.) attiecības. Sevišķi liela loma ultraīso impulsu fizikā ir laikiem T_1 un T_2 .** T_1 ir laiks, kurā kvantu sistēmas (atomi, molekulas u. c.) atrodas ierosinātā enerģētiskā stāvoklī; T_2 ir laiks, kurā kvantu sistēmu dipolmomenti vēl svārstās vienā un tai pašā fāzē. Ja $t > T_2$, dipolu molekulu fāzes kļūst haotiskas, lai gan kvantu sistēmu enerģija pēc ierosināšanas izmainās vēlāk: $T_1 \geq T_2$. Cietās vielās $T_1 \approx 10^{-8}$ s, $T_2 \approx 10^{-12}$ s.

Klasiskajā spektroskopijā nebija metožu tiešai garenrelaksācijas laika T_1 mērīšanai. To samērā vienkārši veic ar aplūkotajām nestacionārās spektroskopijas metodēm, izmērot absorbcijas relaksāciju pēc tās nekoherentas piesātināšanas. Absorbcijas nekoherentā piesātināšana nozīmē tās jūjamu samazināšanos intensīvas gaismas ietekmē, kad kvantu sistēmu skaits ierosinātā stāvoklī kļūst salīdzināms ar to skaitu pamatstāvoklī (par koherento absorbcijas piesātināšanos būs runa turpmāk).

** Runājot par laikiem T_1 un T_2 , tiek domāta idealizēta situācija, kurā kvantu sistēma var atstāties tikai pamatstāvoklī un vienā ierosinātā stāvoklī. Šādu idealizāciju plaši lieto fizikā. Tā pamatojas uz eksperimentālu faktu, ka daudzām (t. s. divlīmeņu) kvantu sistēmām varbūtība atrasties noteiktā ierosinātā stāvoklī un pamatstāvoklī ir daudz lielāka nekā varbūtība atrasties citos ierosinātos stāvokļos. Vispārīgā gadījumā, kad šādu idealizāciju lietojot nevar, apzīmējumiem T_1 un T_2 pievieno papildindeksus un ar tiem apraksta kvantu sistēmu raksturojošās blīvuma matricas diagonālo un nediagonālo elementu relaksāciju.



4. att. Ultraīso impulsu absorbcijas lāzer-spektrometrs, kurā primārais gaismas avots ir neodīma lāzers: *a* — izplatīta shēma ar impulszondēšanu, *b* — tehniski pilnīgāka (un dārgāka) shēma ar nepārtrauktu zondēšanu, izmantojot baltas gaismas avotu; 1 — neodīma lāzērgenerators ar MS, kas izstaro pikosekunžu infrasarkanā (λ — gaismas viļņa garums) starojuma impulsu rindu, 2 — elektrooptiskais selektors viena impulsa izdališanai, 3, 4 — neodīma lāzerpastiprinātāji, 5, 7, 10, 11, 12 — spoguļi, 6 — lāzērfrekvences divkārtotājs, 8 — puscaurlaidīgs spogulis, 9 — zondējošā impulsa aiztures līnija, 13, 14 — parametriskie gaismas generatori attiecīgi ierosinošā un zondējošā starojuma frekvences formēšanai, 15 — pēlāmāis objekts, 16 — ātrdarbīga fotodiode, 17 — ekrāns, 18 — mērījumu reģistrācijas un apstrādes sistēma uz miniskaitļotāja bāzes, 19 — baltās gaismas avots (piem., ksenona lampa), 20 — spektroskops, 21 — EOK spektra izvēsei laikā, 22 — elektronoptiskais attēla pastiprinātājs, 23 — optiskais daudzkanālu analizators nestacionārā absorbcijas spektra reģistrācijai un apstrādei.

Viens no galvenajiem uzdevumiem spektroskopijā ir vielu raksturojošo spektrālīniju platuma mērīšana; šis platums ļauj daudz ko uzzināt par vielas uzbūvi. Spektrālīnijas platumu nosaka atiecīgās kvantu pārejas garenrelaksācijas un šķērsrelaksācijas laiki T_1 un T_2 :

$$\Delta\nu = \frac{1}{2\pi T_1} + \frac{1}{\pi T_2}$$

Klasiskajā, stacionārajā spektroskopijā $\Delta\nu$ nozīmi, mainot ierosinošās gaismas frekvenci. Nestacionārajā spektroskopijā to nosaka pēc

laika (T_1 un T_2) mērījumiem. Būtībā UIL ļauj mērīt vielas tā saukto impulsreakciju,* kas ir ļabi pazīstama radioelektronikā, bet kuru līdz UIL radīšanai nebija iespējams mērīt spektroskopijā. Nestacionārās spektroskopijas metodes ļauj panākt arī lielāku izšķirtspēju. Tā kā parasti $T_2 \ll T_1$, tad $\Delta\nu$ mērīšana reducējas uz T_2 mērīšanu, un otrādi.

UIL starojuma lielā intensitāte ir devusi iespēju izmērīt arī jauna tipa absorbcijas spektrus (kā stacionāros, tā nestacionāros) — daudzfotonu spektrus. Tie sniedz jaunu informāciju, piemēram, ļauj atšķirt tiešās kvantu pārejas no kvantu pārejām ar starpstāvokļiem.

Būtiskas izmaiņas UIL ir ienesuši nelineārajā optikā — fizikas nozarē, kas aplūko gaismas izplatīšanos vielā, kuras optiskās īpašības šī gaisma maina.

Aplūkosim sīkāk nelineārās optikas pamatprocesus, jo par šo jautājumu literatūrā bieži vien nav skaidrības.

Kā zināms, jebkuram nelineāram procesam raksturīga pazīme ir signāla frekvences izmaiņa; šajā gadījumā tās ir gaismas frekvences izmaiņas vielā. Ja gaismas ietekmē mainās vielas laušanas koeficients (vai absorbcijas koeficients, jo tos abus saista tā sauktās Krāmēra—Kroniga sakarības), tas nozīmē, ka mainās gaismas ātrums vielā un līdz ar to — tās fāze. Savukārt, fāzes izmaiņa laikā, pēc definīcijas (frekvence ir fāzes atvasinājums pēc laika), nozīmē, ka mainās arī frekvence. Uzsvēsim, ka šīs izmaiņas var notikt arī vājas gaismas ietekmē, kā tas, piemēram, ir fotografijā (būtībā arī fotografija ir nelineārās optikas nozare).

Moderno nelineāro optiku iedala, no vienas puses, stacionārajā ($\tau \gg \tau_{rel}$)** un nestacionārajā ($\tau < \tau_{rel}$), no otras, — koherentajā ($\tau < T_2$) un nekoherentajā ($\tau \gg T_2$). Šie iedalījumi var krustoties. Stacionāra koherenta nelineāra optiskā efekta piemērs ir gaismas otrās harmonikas ģenerēšana nelineārā, piemēram, LiNbO_3 ,

* Impulsreakcija ir sistēmas (četrpola utt.) reakcija uz iedarbi, kas laikā mainās pēc Diraka δ funkcijas («adatas impulsa») likuma.

** Relaksācijas laiks τ_{rel} raksturo vielas optisko parametru izmaiņas ātrumu gaismas ietekmē. Vienkāršākajos gadījumos tas sakrīt ar T_1 .

kristālā. Koherentā absorbcijas piesātināšanās, ko aplūkosim turpmāk, ir nestacionārs koherents nelineārs optiskais efekts, bet laušanas un absorbcijas koeficientu samērā lēnas (mērījamas sekundēs) izmaiņas amorfā arsēna selenīda pusvadītāja plēvē He—Ne mazjaudas lāzera stara ietekmē — nekoherents nestacionārs optiskais efekts. Pēdējā gadījumā, pēc tam kad, apstarojot arsēna selenīda plēvi, ir sasniegts piesātinājuma stāvoklis un laušanas un absorbcijas koeficienti vairs nemainās, mums ir stacionāra nekoherenta nelineāra optiskā efekta piemērs. Izejot cauri plēvei, lāzera stara intensitāte un fāze mainās, taču šis process ir nemainīgs laikā.

Ir konstatēts, ka pikosekunžu impulsi rada vielas t. s. optiskos bojājumus (virsmas bojājumus vielas daļējas iztvaikošanas rezultātā, struktūras izmaiņas u. c.), pastāvot daudz lielākai intensitātei nekā nanosekunžu impulsi. Citiem vārdiem sakot, pikosekunžu impulsu optisko bojājumu sliekšnis ir daudz augstāks. Tas dod iespēju ar tiem pētīt ļoti vājus nelineāros optiskos efektus, kas ar garākiem impulsiem optisko bojājumu dēļ nav iespējams.

Koherentā nelineārā optika ir radusies, pateicoties UIL. Kā jau teikts, koherentie nelineārie optiskie efekti ir nestacionāri efekti, kas novērojami tad, ja $\tau < T_2$. Tas nozīmē, ka impulsu laikā gaismas inducēto dipolu (atomu, molekulu u. c. dipolmomentu) svārstību fāzes ir saskaņotas. Līdz ar to būtiska kļūst šo dipolu starojuma interference, kas izraisa koherentos nelineāros optiskos efektus. Citiem vārdiem sakot, atomi, molekulas utt. ultraīsa impulsa laikā «atceras» savu «vēsturi», tātad UIL ir pavēruši iespēju pētīt arī t. s. nemarkova ātros procesus vielā. Kā zināms, Markova process fizikālā sistēmā ir tāds stohastisks (gadījuma rakstura) process, kurā sistēmas stāvokļa varbūtība noteikta laika momentā ir atkarīga tikai no tās stāvokļa iepriekšējā laika momentā, bet nav atkarīga no senākiem stāvokļiem. Markova procesi ir vienkāršākie un visvairāk izpētītie kā fizikā, tā matemātiskā.

Pirmo koherento nelineāro optisko efektu — koherento absorbcijas piesātināšanos rubīna kristālā — 1967. gadā novēroja S. Makols un E. Hāns (ASV).

Atšķirībā no aplūkotā nekoherenta absorbcijas piesātināšanās efekta, noteikta tipa ultraīss gaismas impulss vidē praktiski nezaudē enerģiju. Samazinās tikai tā izplatīšanās ātrums vielā. Impulsa priekšējā fronte izraisa momentānu atomu pāreju ierosinātā stāvoklī. Kad paiet garām impulsa aizmugurējā fronte, notiek koherenta visu ierosināto atomu pāreja pamatstāvoklī un gaismas izstarošana. Rezultātā impulss atgūst praktiski visu absorbēto enerģiju, turklāt vajadzīgajā fāzē. Citiem vārdiem sakot, šajā gadījumā ultraīss impulss izplatās vielā optiska solitona veidā.* Tomēr tas notiek nevis jebkura ultraīsa impulsa gadījumā, bet tikai tad, ja impulsa un vielas parametri ir saskaņoti. Jābūt izpildītām nosacījumiem, ka impulsa «laukums»

$$\theta = \frac{2\pi\mu}{h} \int_{-\infty}^{\infty} E(t) dt,$$

kur μ — kvantu pārejas dipolmoments, E — impulsa elektriskais lauks, h — Planka konstante, vienāds ar 2π .

UIL un koherentā nelineārā optika ir ļāvuši spert pirmos soļus telpas un laika hologrāfijas radīšanā. Kā zināms, telpiskā hologrāfija ļauj ierakstīt un atjaunot gaismas viļņus ar jebkuru amplitūdas un fāzes telpisko sadalījumu, tomēr tikai stacionārus ekspozīcijas laikā. (Hologrāfiskā kinofilma ir šādu statisku hologrammu rinda.) Astondesmito gadu sākumā T. Mosbergs (ASV) teorētiski un K. Rebane ar līdzcilvēkiem (PSRS) eksperimentāli pirmo reizi demonstrēja nestacionāru gaismas viļņu ierakstu un atjaunošanu ar UIL. Šajā — t. s. laika hologrāfijas metodē — uz speciālu gaismas jutīgu reģistrējošu vidi tiek virzīti divi ultraīsi gaismas impulsi — sarežģītas formas ierakstāmais impulss un atbalsta impulss, kura forma ir pēc iespējas vienkārša. Abu impulsu un to atstarpes summārajam laikam jābūt mazākam par T_2 . Šie impulsi reģistrējošā vidē fotoķīmiskā ceļā izraisa absorbcijas spektra izmaiņas; turklāt bū-

* Solitons ir atsevišķs skrejošs vilnis, kurš spēj izplatīties disperģējošā vidē lielā attālumā, nemainot savu formu. Nepieciešams nosacījums solitonu izveidei ir vides nelinearitāte.

tiski ir tas, ka šīs izmaiņas atspoguļo abu impulsu koherento mijiedarbību vidē. Līdz ar to ir ierakstīta laika hologramma, kas var glabāties dienas, mēnešus, gadus (atkarībā no reģistrējošās vides). Ja laika hologrammu apstaro ar atbalsta impulsu, tā «atbild» ar ierakstīto impulsu. Nolasīšanu var veikt daudzkārtīgi — šeit izpaužas atšķirība no pazīstamā fotonu eho efekta. Par reģistrējošajām vidēm laika hologrāfijā izmanto vielas ar nehomogēni paplašinātām spektrālīnijām, piemēram, porfirazīna un oktaetilporfīna polimērus.

Principā var izmantot ultraīsus gaismas impulsus ar modulāciju ne tikai telpā, bet arī laikā un radīt telpas un laika jeb nestacionāro hologrāfiju. Telpā un laikā ātri mainīgu elektromagnētisko viļņu reģistrācijas un nolasīšanas iespēja dos jaunu impulsu hologrāfiskā kino attīstībai, ļaus radīt superietilpīgu un superātru optisko atmiņu, jaunas paaudzes optiskos skaitļotājus; daudz efektīvāk varēs pētīt un izmantot superātrus procesus. Jau tagad laika hologrāfija paver jaunas iespējas superātru procesu kinētikas pētīšanā. Nav šaubu, ka šī metode strauji attīstīsies.

UIL ir perspektīvi arī citās fizikas nozarēs. Iespēja ultraīsa impulsa laikā sasniegt lielu jau-

das un enerģijas telpisko blīvumu ir svarīga kodolsintēzei. Pašlaik tas ir perspektīvākais kodolsintēzes problēmas atrisinājuma virziens.* Izstrādāti daudzi priekšlikumi vispārējās relativitātes teorijas un kvantu teorijas pamatprincipu (piem., slēpto parametru hipotēzes) pārbaudei ar UIL.

Ķīmijā UIL ļauj iegūt un pētīt ķīmiskos savienojumus, kuri eksistē tikai ierosinātā stāvoklī, — eksimērus un eksipleksus. UIL ar maināmu frekvenci dod iespēju realizēt pēc frekvences selektīvu iedarbi uz ķīmiskajām saitēm, tādā veidā it kā ar ķirurga skalpeli mainot savienojuma īpašības. Šī ideja radās tūlīt pēc lāzera radīšanas 1960. gadā, taču līdz šim vēl nav realizēta vielai pievadītās lāzera enerģijas ātrās termiskās disipācijas dēļ. Ķīmiķi cer to realizēt ar femtosekunžu impulsu lāzeriem. UIL dod iespēju arī efektīvāk atdalīt izotopus, kas ir viens no grūtākajiem ķīmiskās rūpniecības uzdevumiem.

(Nobeigums nākamajā numurā)

* Афанасьев Ю. В., Басов Н. Г. Лазерный термоядерный синтез. — В кн.: Наука и человечество. М., 1981, с. 130—149.

NATURĀLO SKAITĻU NOSAUKUMI PASAULES TAUTU VALODĀS

EDUARDS
RIEKSTIŅS

Rakstā aplūkotas dažādas skaitīšanas sistēmas un skaitļu nosaukumi daudzās pasaules tautu valodās, kā arī citi ar skaitīšanu saistīti jautājumi. Pirmajā paragrāfā iztirzātas parādības, kas kopīgas daudzu tautu skaitļu nosaukumiem, bet otrajā paragrāfā atbilstošie jautājumi detalizēti un skaitīšanas sistēmas sistematizētas tikai indoeiropiešu saimes valodām. Naturālo skaitļu pie rakstīšanas veidi nav aplūkoti.

1. §. SKAITĪŠANĀS SISTĒMAS UN PAŅĒMIENI

1.1. Nosaucot naturālo skaitļu kopas atsevišķos skaitļus, lieto noteiktu skaitīšanas bāzi. Ja šī bāze ir d , tad katrs naturālais skaitlis N ir uzrakstāms formā

$$N = n_m d^m + \dots + n_2 d^2 + n_1 d + n_0, \quad (1)$$

kur $0 \leq n_k \leq d-1$.

Visizplatītākā kultūras tautām mūsdienās ir skaitīšanas sistēma, kurā $d=10$. Šāda sistēma radusies jau aizvēsturiskos laikos, kad mūsu senči apguva skaitīšanu, lietojot pirkstus. Vēl tagad mēs dažkārt, kaut ko skaitot, izmantojam pirkstus. Daļa tautu, piemēram, latvieši, krievi, japāņi u. c., skaitot pirkstus noliec. Vieni vispirms noliec kreisās rokas pirkstus, bet citi — vispirms labās; vieni sāk ar mazo pirkstiņu, bet citi — ar īkšķi. Otra daļa tautu, piemēram, angļi, vācieši, ķīnieši u. c., pirkstus savēl dūrē un skaitot tos atliec. Sāk ar kreisās vai labās rokas īkšķi.

Pamazām sāka rasties arī atsevišķu skaitļu nosaukumi. Liekas, ka tiem vajadzētu būt saistītiem ar konkrētiem jēdzieniem. Diemžēl, nosaukumu etimoloģija (izcelšanās) ir zināma ne sevišķi daudzām tautām. Skaitļu nosaukumu dažādība pasaules tautām ir tik liela, ka tos uzskaitīt nav iespējams, un nav arī vajadzības to darīt. Šajā rakstā tiks aplūkoti faktori, kuros izpaužas skaitīšanas sistēmu dažādība, bet stāka sistematizācija tiks izvēsta tikai indoeiropiešu skaitļu nosaukumiem.

Runājot par skaitīšanu uz pirkstiem, redzam, ka šis skaitīšanas veids saglabājies arī vairāku

tautu skaitļu nosaukumos. Piemēram, lielākajai daļai austronēziešu (polinēziešiem, indonēziešiem, malajiešiem, tagaliem Filipīnās u. c.) 5 = «lima» jeb «rima», kas vienlaikus nozīmē arī «roka». Skaitļa 5 nosaukums «roka» ir dažādām tautām visās pasaules daļās (sk. piemērus turpmāk).

Kamčatkā, kā arī Kanādā un Grenlandē dzīvojošo eskimosu dialektos pirmā desmita skaitļu nosaukumu etimoloģija brīvā tulkojumā ir šāda: 1 = «galvenais, vadošais» (skaitīt sāk ar kreisās rokas īkšķi); 2 = «sekojošais»; 3 = «augstākais»; 4 = «lejup slidošais»; 5 = «roka»; 6 = «pretējā puse» (dažos dialektos — «pārejošais»); 7 = «otrs pretējā pusē»; 8 = «trešais pretējā pusē» (arī «tieši 3»); 9 = «ceturtais pretējā pusē» (dažos dialektos — «10 neesošais, nepilns 10, palicis pēdējais»); 10 = «virsā, augšējais» (dažos dialektos — «rokas»). Pēdējais nosaukums radies šādi: pēc nosauktā «10» eskimos uz izstieptiem labās rokas pirkstiem uzliek tiem perpendikulāri kreisās rokas plaukstu. Otrā desmita eskimosu nosaukumi būs doti p. 1.4.2.

Zulusiem dažu skaitļu nosaukumu etimoloģija ir šāda¹: 5 = «roka»; 6 = «kopā ar īkšķi»; 7 = «rādītāja pirksts» (citā dialektā — «laizītājs»); 8 = «paliek aiz muguras 2 [pirksti]» (citā dialektā 8 = «lielais pirksts»); 9 = «paliek aiz muguras 1 [pirksts]».

Par skaitīšanu uz pirkstiem liecina arī skaitļu nosaukumi citās valodās. Piemēram, arī čukčiem un korjakiem 10 = «rokas» (divskaitlī); atakapu

¹ Schreuder H. P. S. Grammatik for Zulu-Sproget. Christiania, 1850. 88 p.

indiāņiem Teksasā 10 = «pirksti pabeigti»; gba-
 ģiem Centrālāfrikā skaitļa 10 nosaukums saistīts
 ar plaukstām. Jukagiriem Kolimas augštecē, pēc
 dažu valodnieku etimoloģiskajiem pētījumiem,
 6 = «3 no abām pusēm», 8 = «4 no abām pu-
 sēm», bet 9 = «1 trūkst no 10». Nivhiem, kas
 dzīvo Amūras lejtecē, skaitļa 5 nosaukums
 saistīts ar vārdu «roka», 8 = 2 × 4, 9 = «viens
 atrodas [1 pirksts nav noliekts]», 10 = 2 × 5. No-
 saukumi 6 = 3 × 2, 8 = 4 × 2, 8 = 4 + 4 ir sastopami
 dažādām citām tautām. Daudzu austronēziešu
 tautu skaitļu 5—10 nosaukumu etimoloģija arī
 rāda, ka tie cēlušies no skaitīšanas uz pirkstiem²
 (sk. arī p. 1.4.3.).

1.2.1. Dodot nosaukumus atsevišķiem formulas
 (1) locekļiem, kā arī to summai, redzam, ka
 īpaši nosaukumi vajadzīgi tikai skaitļiem, kas
 mazāki par d , skaitlim d un visām tā nākamajām
 pakāpēm. Pārējie nosaukumi ir atvasināmi.
 Pirmos turpmāk sauksim par bāzes skaitļiem
 (jeb bāzi), pārējos — par atvasinātiem (jeb
 saliktajiem) skaitļiem. Šo faktu mūsu senči ir sa-
 pratuši jau sirmā senatnē, tomēr dažādība atva-
 sināto skaitļu nosaukumu veidošanā liecina, ka
 nosaukumu radīšanas process nav bijis vien-
 kārtīgs. Jāņem vērā, ka «+» un «×» tolaik ne-
 eksistēja, bet skaitļu apvienojumus izrunāja
 vārdiem.

Liela dažādība ir vērojama arī d pakāpju
 nosaukumu veidošanā. Eiropiešiem ir īpaši no-
 saukumi bāzes skaitļiem 10, 10², 10³, bet pēc
 tam jauni, neatvasināti nosaukumi parādās tikai
 10³ pakāpēm. Līdz ar to formula (1) būtu rak-
 stāma šādi:

$$N = p_n d^{3k} + \dots + p_2 d^6 + p_1 d^3 + n_2 d^2 + n_1 d + n_0, \quad (2)$$

kur $0 \leq p_n \leq d^3 - 1$, $d = 10$.

Interesējoties par skaitļu nosaukumiem, siste-
 matizācijā jāņem vērā arī šādi momenti: pirm-
 kārt, kā lasa «+»; otrkārt, kā lasa «×»; treš-
 kārt, kādā secībā tiek lasīti saskaitāmie, piemē-
 ram, 10 + n_0 vai $n_0 + 10$; ceturtkārt, kādā se-
 cībā tiek lasīti reizinātāji: $n_1 \times d$ vai $d \times n_1$. Pa-
 saules tautām šajā ziņā vērojama liela dažādība;
 stiprāk mēs to aplūkosim tikai indoeiropiešiem

2. §, kur būs pievienoti arī nelieli papildinā-
 jumi par nosaukumiem citām tautu saimēm.

1.2.2. Daudzām tautu saimēm vai grupām for-
 mula (2) tomēr nav derīga, jo tām 10 pakāpju
 nosaukumu veidošanā ir atšķirīgas likumsakarī-
 bas. Līdzīgi kā eiropiešiem, 10 pakāpes līdz
 10³ ir bāzes arī tjurku grupas tautām, kaukā-
 ziešiem, semītiem, daudzām polinēziešu un afri-
 kāņu tautām. Īpaši nosaukumi 10 pakāpēm līdz
 10³ ir mongoļiem (burjātiem, kas arī ietilpst
 šajā grupā, pēc 10³ bāzes ir tikai 10⁴ un 10⁵);
 līdz 10⁵ — tibetiešiem, laosiešiem, li (dzīvo
 Dienvidķīnā), līdz 10⁷ — tajiem, kmeriem, vjet-
 namiešiem, bet līdz 10⁶ — daudzām tautām
 visā pasaulē: malagasiem (Madagaskarā), vairā-
 kām Indonēzijas tautām, tagaliem (Filipīnās),
 birmiešiem, šaniem (dzīvo Birmas austrumdaļā),
 senajiem ēģiptiešiem, bagandiem (Ugandā) u. c.
 Turpretī tikai līdz 10² bāzes ir gruzīniem,
 kuriem 10³ = 10 × 100, 10⁴ = 10 × 10³. Vēl trūcī-
 gāki bāzes skaitļu nosaukumi ir njihū valodā
 (dzīvo starp Njasas un Rukvas ezeriem Austrum-
 āfrikā), kurā 100 = 10 × 10, 1000 = 10 × 10 × 10.

Daudzām pašreizējām primitīvajām tautām
 viņu ikdienas dzīvē nav nepieciešamības pēc
 sevišķi lieliem skaitļiem, tādēļ viņiem nereti
 skaitīšanas sistēma nav tālu attīstīta; pēdējā lai-
 kā tālākā skaitīšana aizgūta no citām tautām.

Virknei tautu bāzu secībā ir dažāda veida
 izlaidumi. Tā, japāņiem, ķīniešiem un korejiešiem
 aiz 10⁴ seko bāze 10⁵, bet 10⁵ = 10 × 10⁴,
 10⁶ = 10² × 10⁴, 10⁷ = 10³ × 10⁴. Dravīdu saimes
 tautām (tamili, kannadi u. c.) aiz 10³ seko bā-
 zes 10⁵ un 10⁷, bet 10⁴ = 10 × 10³, 10⁶ = 10 × 10⁵.
 Lahiem, kas dzīvo Mekong augštecē Ķīnas,
 Laosas un Birmas teritorijās, saliktis ir 10⁵ =
 = 1 × 10 × 10⁴, bet 10⁶ ir bāzes skaitlis; šāda
 īpatnība ir arī samoāņiem Okeānijā. Lahu kai-
 miņiem džuaniešiem bāzes skaitlis pēc 10⁴ ir 10⁷.

Ir ziņas, ka senajiem indiešiem (viņu valodu
 sauc par sanskritu) ir bijuši bāzu nosaukumi
 līdz 10¹⁴⁰, bet pēc 10⁷ dažādos rakstos vairs
 nav sastopama nosaukumu vienveidība.³

Saliktajās 10 pakāpēs parasti mazākā pakāpe
 ir nosaukta pirmā, tomēr vairākām Rietumāfri-
 kas tautām ir arī pretēja secība: lingali (Zairā,

² Зарбалиев Х. М. Числительные в австронезийских языках. Дисс. ЛГУ им. А. А. Жданова, 1985, 180 с.

³ Барроу Т. Санскрит. М.: Прогресс, 1976. 411 с.

Angolā), fulbi un hausi (Centrālāfrikā, Sudānā) lieto $10^4 = 10^3 \times 10$; hausiem arī $10^5 = 10^3 \times 10^2$. Šādu secību lieto arī baņaruandi (Ruandā), bet paralēli tiem ir visai īpatnēji patstāvīgi bāzu nosaukumi: $10^4 =$ «zilonis», $10^5 =$ «zilonēns», $10^6 =$ «hiēna», $10^9 =$ «zakis».⁴

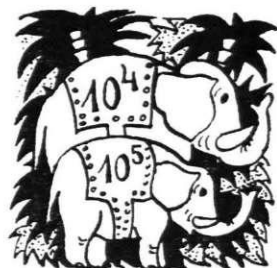
1.2.3. Daudzām tautām vairāku augstāku 10 pakāpju nosaukumi aizgūti no citām valodām. Visvairāk tiek aizgūts $10^6 =$ «miljons», $10^9 =$ «miljards» no eiropiešiem. Daļa polinēziešu, piemēram, taitieši un havajieši, arī 10^2 un 10^3 nosaukumus aizņēmušies no angļu valodas, vārdus krietni izkropļojot. Tā, havajiešiem $10^2 =$ «haneli», $10^3 =$ «kaukani», taitiešiem $10^2 =$ «hamera», $10^3 =$ «tauatini». Arī vājiem (dzīvo pie Gvinejas līča) $10^2 =$ «hando».

Somu grupas tautas 10^2 nosaukumu aizguvušas no indoeiropiešiem; lielākajai daļai šo tautu aizgūts arī 10^3 (piem., igauņiem $10^2 =$ «sada», $10^3 =$ «tuhata», mordviešiem $10^3 =$ «tožom, tiščā»). Udmurti, komieši, komieši permieši arī $10 =$ «das» ir aizguvuši no indoeiropiešiem. Tāpat aizgūti ir ungāru nosaukumi bāzēm 10^2 un 10^3 .

Līdzīgi aizguvumi ir arī citām tautām: mandžūri aizguvuši 10^3 un 10^4 nosaukumus no mongoļiem, kuri, savukārt, augstākās 10 pakāpes aizguvuši no tibetiešiem, laosieši, kmeri un taji 10^7 nosaukumu — no indiešiem (sanskrita). Tagali 10^4 un 10^5 arī aizguvuši no indiešiem, bet sajaukuši nosaukumu secību. Aizgūto nosaukumu sajaukšana novērojama arī citām austroņēziešu saimes tautām.⁵

Ir gadījumi, kad viena tauta no otras aizgūst ne tikai bāzu nosaukumus vien. Korejiešiem skaitļu nosaukumi pa daļai aizgūti no ķīniešiem, daudzām Āfrikas tautām — atsevišķi skaitļi no arābiem. Bet dravīdu saimes brahuji, kas dzīvo Pakistānā un Irānā, gandrīz visu skaitīšanas sistēmu ir pārņēmuši no sanskrita.

Valodnieki saskaņījuši radniecību starp skaitļa 7 nosaukumiem indoeiropiešu saimes un somu grupas tautu valodās.⁶ Ja tiešām ir notikusi



aizgūšana, tad ļoti sen, un nevar arī pateikt, kurš no kura aizņēmiem. Aizdomīga analogija pastāv arī starp ugru grupas (ungāri, hanti, mansi) $20 =$ «hus, hes» un tjurku grupas $100 =$ «juz, žuz» u. c.

1.2.4. Ja formulā (1) vai (2) reizinātājs $n_k = 1$, $k \geq 1$, tad daudz tautu valodās šo reizinātāju nelasa, piemēram, somu, mongoļu, semītu tautu grupu, ķīniešu, korejiešu, japāņu, birmiešu, dravīdu, kaukāziešu u. c. valodās. Nedaudz tautu vieninieku lasa viscaur, sākot ar 10 (nivhi, indonēzieši, daļa polinēziešu, kmeri u. c.). Dažām no šīm tautām, piemēram, indonēziešiem un malajiešiem, 1×10^k ir apvienots vienā vārdā, kur 1 figurē kā prefikss. Dažas tjurku grupas tautas 1 nelasa (turki, tatāri), citas lasa (uzbeki, baškīri). Jāsaka gan, ka daudz šajā jautājumā atkarīgs no konteksta, kurā sastopams attiecīgais skaitļa vārds.

Ir arī tautas, kas 1 lasa, sākot ar noteiktu 10 pakāpi (tagali, vjetnamieši, daļa polinēziešu no 10^2 , tibetieši no 10^3 , malagasi no 10^4). Tomēr paliek diezgan daudz tautu, kurām nav noteiktas likumības — 1 var lasīt, var arī nelasīt. Tādas, piemēram, ir gruzīni, amhari (Etiopijā) u. c. Arī latviešiem, sākot ar 10^2 , nav noteiktas normas. Tomēr saliktā skaitlī to vairāk nekā vienreiz nemin. Piemēram, saka: «tūkstotis viens simts divdesmit» vai arī «tūkstotis simts divdesmit», bet nesaka: «viens tūkstotis viens simts divdesmit».

1.2.5. Saliktu skaitļa vārdu lasīšanā vispārēja parādība ir fonētiska saīsināšana. To novērojam arī latviešu valodā. Piemēram, «vienpadsmit» ir saīsinājums no «viens pāri desmitam» (Manceļa 1638. g. izdotajā vācu-latviešu vārdnīcā sastopam «vienpadesmit», «divi desmit un viens» uff, bet Stendera 1789. g. vārdnīcā arī «vien-

⁴ Дубнова Е. З. Язык руанда. М.: Наука, 1979. 109 с.

⁵ Зарбалиев Х. М. Числительные...

⁶ Jokl A. A. Uralier und Indogermanen. Helsinki, 1973. 419 S.

pacmit»). Ātri skaitot, mēs nereti pat sakām «vienpa, divpa» utt., «trīzdīvi, seištrīs» utt.

Daudzām tautām fonētiskā saīsināšana izvērstā tiktāl, ka grūti pat saskaņot nosaukuma etimoloģiju. Tā ir ziemeļkaukāziešu skaitļu nosaukumos 11—19 (piedevām skaitļa vārds bieži apvienots ar sekojošo lietvārdu), kā arī semītu un vairāku Āfrikas tautu valodās. Sevišķi spilgti šāda saīsināšana novērojama jorubiem, kas dzīvo Āfrikā pie Gvinejas līča. Piemēram, 50 = «aadoota» = «aadin ogoota» = «ewaa dīn ogun eta» («par 10 pazemināts 20×3»).

Garākus skaitļu nosaukumus sarunu valodā īpatnēji saīšina vjetnamieši, piemēram: 123 = «simts, divi, trīs», 3200 = «trīs, tūkstotis, divi»; lasot 3002, jāsaka «3000, nulle vidū, divi». Nulli vidū lasa arī ķīnieši un šāni.

1.3. Daudzām tautām atsevišķu skaitļu vai to grupu nosaukumos sastopamas lielākas vai mazākas atkāpes no nosaukumiem, kurus izsaka formula (1) vai (2). Šīs atkāpes, kā arī to cēloņi, ir ļoti dažāda rakstura. Minēsim tipiskākās.

1.3.1. *Nestandarta* nosaukumi. Parasti tie radušies senos laikos. Pie tiem gan pieskaitāmi arī nesien aizgūti nosaukumi, kas minēti p. 1.2.3. Kā tuvākos piemērus var minēt skaitļu 40 un 90 nosaukumus krievu valodā (sk. 2.§), desmitnieku 20—50 nosaukumus tjurku un tungusmandžūru grupu valodās, jau pieminēto 20 nosaukumu ugru grupas valodās, kas atšķiras no 2×10. Arī somu grupas austrumdaļas valodās (mordviešu, udmurtu, komiešu, komiešu permiešu), gruzīnu un daudzās ziemeļkaukāziešu valodās 20 nav 2×10. Šāda novirze skaitļa 20 nosaukumā ir bieži sastopama parādība, tā vērojama arī laosiešu, šānu, li, kačinu u. c. valodās. Iespējams, ka tajās šī īpatnība norāda uz atliekām no kādreizējās vigezimālās (20) sistēmas.

Semītu tautām desmitnieku 30—90 nosaukumi ir attiecīgo vieninieku divskaitļi, bet 20 ir 10 divskaitlis. Tāpat lielākajai daļai šīs grupas tautu 200 un 2000 ir 100 resp. 1000 divskaitļi. Saistība ar vieniniekiem, kas nav formā $n \times 10$, ir arī mongoļu grupas tautu 20—90 nosaukumos. Dažām Kaukāza tautām vairāku desmitnieku nosaukumi atvasināti no atbilstošā vieninieka ar metatēzi — skaņu pārstāvēšanu vārdā.

Var minēt dažus nestandarta nosaukumus vairākām citām tautām.

1°. Busu (Nigērijā) un jaundu (Kamerūnas dienvidos) valodās ir īpašs nosaukums skaitlim 15, turklāt pirmie no tā atvasina arī $14=15-1$ un $16=15+1$.

2°. Malinku (Malijā) valodā 9 = «gaidošais» (9 mēnešus gaida bērnu).

3°. Laku (Kaukāzā) valodā no visas skaitļu sistēmas atšķiras 30, kas nozīmē «mēnesis». Tas pats nosaukums sastopams Senegālā un Gambijā dzīvojošo volofu valodā, tomēr te paralēli tiek lietots arī 3×10 .

4°. Havajiešu valodā 20 = «iwakafua», «iwa» = 9. Diemžēl, lielākie šīs valodas speciālisti apgalvo, ka vārda etimoloģija nav noskaidrojama.⁷ Nākamie desmitnieki šajā valodā ir formā $10 \times n$, bet $11=10+1$. Pastāv gan minējumi, ka šis skaitļa 20 nosaukums ir atliekas no kādreizējās vienpadsmitnieku sistēmas (10 pirksti un roka veido 11). Tā kā «lua» = 2, «pa-lua» = «otrais», tad vārdu var mēģināt iztulkot kā «9 no otrā [vienpadsmitnieka]»; šāda metode tuvāk aplūkota nākamajā punktā. Tomēr citas atliekas no tādas sistēmas havajiešu skaitļu nosaukumos nav atrodamas.

5°. Minēsim vēl šādu īpatnēju faktu. Tunisijā sievietēm skaitlis 5 ir tabu, tādēļ viņas 5 vietā saka: «paskaiti roku». Dažādi svēti skaitļi ir arī vairākām citām tautām.

1.3.2. *Atņemšana un skaitīšana no augšas*. Pēc atņemšanas paņēmiena skaitli (bāzi vai atvasinātu) izsaka nevis ar vienu nosaukumu vai vairāku skaitļu summu, bet gan ar divu skaitļu starpību. Atņemšana skaitļa nosaukumā ir sastopama ļoti daudzām tautām; senāk tā bija bieža parādība arī indoeiropiešu valodās (sk. 2.§). Pašlaik aplūkosim tikai tipiskāko citām tautu saimēm. Iepriekš tika jau minēti eskimosu un zulusu skaitīšanas paņēmieni.

Somu grupas tautām sastopam $8=10-2$, $9=10-1$; visspilgtāk šī darbība saskaņā rietumu apakšgrupas tautu valodās. Pēc 10 somu grupas rietumu apakšgrupas tautām atņemšanu nomaina radniecīgs paņemiens — skaitīšana no augšas. Piemēram, igauņiem un somiem $11=$ «1 otrā [desmitā]» utt. līdž 19. Šo paņēmieni lieto arī lapi, kuriem tas turpinās vēl pēc 20.

⁷ Elbert S. H., Pukui M. K. Hawaiian Grammar. Honolulu, 1979. 193 p.

Mākoņos pašlaik novērojamo C spektra klases zvaigžņu skaita un sadalījuma pamatā drīzāk ir zvaigžņu rašanās uzliesmojums pirms 3—5 miljardiem gadu, nevis nepārtraukts un vienmērīgs zvaigžņu veidošanās process. Tāpat ir atzīta sakarība starp oglekļa zvaigžņu daudzumu un galaktiku patieso spožumu, kā arī kopējo masu. Šo sakarību evolūcionārā būtība pagaidām nav skaidra.

Minētās sakarības noteiktas, neņemot vērā atsevišķu zvaigžņu individuālās īpatnības, kaut gan jau sen ir zināms, ka Galaktikas oglekļa zvaigznes visai krasi atšķiras cita no citas pēc dažādiem parametriem: molekulu absorbcijas

joslu un atomu līniju intensitātes, oglekļa izotopu attiecības un enerģijas sadalījuma spektrā.

Nelielam skaitam oglekļa zvaigžņu šie parametri noteikti arī citās galaktikās, galvenokārt LMM. Pētījumu rezultāti liecina, ka visur atrodamas dažādu tipu oglekļa zvaigznes, bet katrā galaktikā un pat tās daļās — atšķirīgās proporcijās. Tātad, lai precizētu oglekļa zvaigžņu rašanās un attīstības likumības, šīs atšķirības jāņem vērā. Jāsāk, protams, ar pēc iespējas vairāku atsevišķu zvaigžņu pētīšanu visās pieejamās galaktikās. Šādu materiālu pašlaik vāc oglekļa zvaigžņu pētnieki, izmantojot grizmu tehniku un lielus teleskopus.

KAS JAUNS KVAZĀRU PĒTNIECĪBĀ?

Arturs
Balklavs

Neraugoties uz jau gandrīz gadsimta ceturksni ilgo un ļoti intensīvo kvazāru pētniecības vēsturi, tie vēl aizvien ir vieni no mīklainākajiem kosmiskajiem objektiem. To liecina arī diskusijas par kvazāru dabu, kuras vēl joprojām nav zaudējušas pirmatnējo asumu. Un tikai pašā pēdējā laikā sāk iezīmēties zināma shēma, kas ļauj sasastīt šķēfami nesavienojamās novērojumu datu interpretācijas no pretrunām brīvā teorētiskā koncepcijā. Par to arī stāstīts šajā rakstā.

Kopš 1960. gada, kad atklāja divainos kosmiskās matērijas veidojumus — kvazizvaigžņveida objektus jeb, īsāk, kvazārus¹, to pētniecība joprojām ieņem vienu no centrālajām vietām mūsdienu astrofizikālo pētījumu plašajā frontē un joprojām šis fenomens izraisa karstas diskusijas gan zinātniskajos žurnālos, gan da-

žāda mēroga astronomu forumos.² To cēlonis ir mēģinājumi izprast un izskaidrot šo objektu neparastās īpašības — mazos izmērus un ļoti lielās spektrālīniju sarkanās nobīdes vērtības optiskajos spektros, tātad milzīgās starjaudas. Novērojumi un aprēķini rāda, ka pilna starojuma jauda nepārtrauktajā spektrā daudziem kvazāriem ir 10^{47} — 10^{48} ergi/s, kas 10^3 — 10^4 reīžu pārsniedz visu zvaigžņu starojumu vislielākajās un masīvākajās galaktikās, kaut gan

¹ Par kvazāru atklāšanu un pirmajām ar tiem saistītajām hipotēzēm var lasīt šādus «Zvaigžņotajā debesī» publicētus autora rakstus: «Superzvaigznes» (1964. g. rudens, 1. — 9. lpp.), «Kosmoloģija un kvazāri» (1966. g. vasara, 13.—17. lpp.), «Jauni dati par zvaigžņveida objektiem» (1968. g. rudens, 17., 18. lpp.), «Jaunākās atziņas par kvazāru dabu» (1979. g. pavasaris, 1.—10. lpp.).

² Pašlaik ir zināms ap 2000 kvazāru, bet, ņemot vērā dažu pētnieku grupu novērojumus, kas liecina, ka ikvienā kvadrātgrādā debeszuma sastopami apmēram trīs kvazāri, kuri nav vājāki par $19^{m,5}$, kopējam pašlaik novērojamo kvazāru skaitam jābūt ap 200 000.



Uzliesmojumu priekšvēstneši — arī rentgenstaros!

Aktīvo starojumu komplekss, kas pavada Saules uzliesmojumus, — ultravioletie, rentgena un gamma stari, kā arī augstas enerģijas protoni un elektroni — izraisa dažādus efektus uz Zemes un starpplanētu telpā, nedzīvajā un dzīvajā dabā. Tāpēc viena no aktuālākajām heliofizikas problēmām ir uzliesmojumu prognoze.

Meklējot pazīmes, kas būtu visciešāk saistītas ar uzliesmojuma situācijas veidošanos Saules aktivitātes centros, PSRS Zinātņu akadēmijas Fizikāli tehniskā institūta (Leņingradā) līdzstrādnieki A. Zdanovs un J. Carikovs pievērsušies Saules rentgenstarojumam. Tas rodas 15 000—30 000 km virs fotosfēras — tais Saules atmosfēras līmeņos, kur notiek galvenie uzliesmojumu procesi, tāpēc to nestās informācijas analīzei veltītas daudzu pētnieku pūles gan mūsu valstī, gan ārzemēs.

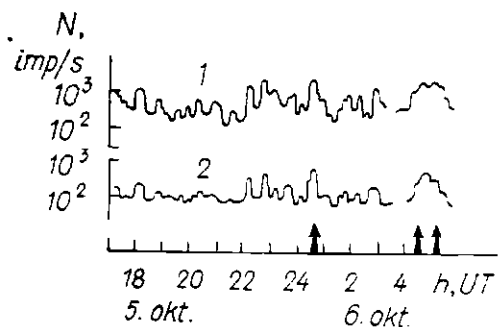
Tā kā rentgenstarus iespējams reģistrēt tikai ārpus Zemes atmosfēras, Fizikāli tehniskā institūta zinātnieki savam pētījumam izmantoja datus, kas iegūti ar kosmiskajiem aparātiem «Prognoze» 2—12 keV diapazonā. Pētnieki pamatojās uz teorētiskiem apsvērumiem, saskaņā ar kuriem pirms uzliesmojumiem Saules aktivitātes centros notiek dažādi svārstību procesi. Tādi procesi daudz pētīti radioviļņu diapazonā (sk. «Zvaigžņotās Debess» iepriekšējā numura vāku 3. lpp.). Tāpēc arī rentgenstarojuma dati tika pakļauti speciālai matemātiskai analīzei, kas dod iespēju kāda procesa šķietami neregulārā gaitā varbūt atrast periodiskas svārstības. Darba rezultātā, analizējot gandrīz 200 h novērojumu da-

tus 1977. un 1979. gadā, šādas svārstības tiešām arī atrada (sk. tabulu).

Rentgenstaru plūsmas pirmsuzliesmojumu svārstībās pašas nozīmīgākās acimredzot ir pirmās četras, kuras notiek tikai pirms uzliesmojuma. To vidū, savukārt, īpašu uzmanību saista ilgperioda notikumi — 84—90 min un 38—59 min svārstības, kuras rodas, domājams, kādos liela mēroga procesos. Apmēram 1,5 h svārstības rentgenstaru plūsmas liknē var izdalīt arī bez matemātiskās apstrādes (sk. att.). Katrā šādā procesā izdalās līdz 10^{19} J enerģijas. Pētnieki domā, ka šie notikumi ir saistīti ar t. s. subuzliesmojumiem — islaicīgiem, pavisam nelieliem spožuma pieaugumiem, kuri parasti kļūst biežāki pirms lielajiem uzliesmojumiem. Svārstības ar 38—59 min periodu laikam atspoguļo aktivitātes centru plazmas sablīvējumu — koronālo kondensāciju — pašsvārstības, kuras, atbilstoši teorētiskajiem priekšstatiem, ievada uzliesmojuma procesu. Bet 9,5—13 min un 2,7—4 min svārstības atbilst analogām kvaziperiodiskām

Saules rentgenstarojuma svārstības

Perioda ilgums, min	Relatīvā intensitāte, %	Parādīšanās laiks pirms uzliesmojuma, h
84—90	zem 90	6—3
38—59	20	8
9,5—13	1—15	8—10
2,7—4	0,2	>1
apm. 5	0,6—10	novērojamas vienmēr
„ 3	0,1	„ „



Saules rentgenstarojuma plūsma 2—4 keV (1) un 4—12 keV (2) diapazonā 1977. gada 5. un 6. oktobrī; dati iegūti ar kosmisko aparātu «Prognose-6». Uz laika ass ar bultām norādīti Sb klases uzliesmojumi pēc hromosfēras novērojumiem Zemes observatorijās.

pirmsuzliesmojuma svārstībām Saules radioviļņu plūsmā. Turpretī apmēram 5 min un 3 min svārstības, kuras reģistrētas visā novērojumu laikā, ar uzliesmojumiem acīmredzot nav saistītas.

N. Cimahoviča

Saules ietekmes centri Zemes atmosfērā

Zemes meteoroloģisko procesu atkarība no Saules enerģijas plūsmas ir acīm redzama. Bet, kopš pazīstam Saules aktivitāti, daudzas pētnieku paaudzes meklē likumsakarības, saskaņā ar kurām meteoroloģiskajiem procesiem vajag reaģēt uz Saules plankumiem, protuberancēm, uzliesmojumiem un Saules vēja ātrajām plūsmām. Ka šāda atkarība pastāv, par to liecina koku gadskārtas, kurās atrasts vienpadsmit gadu ritms, dažu lielu ūdenstilpju līmeņa svārstības un citas statistiskas sakarības, kas saista ģeofizikālās norises ar Saules aktivitātes maiņu.

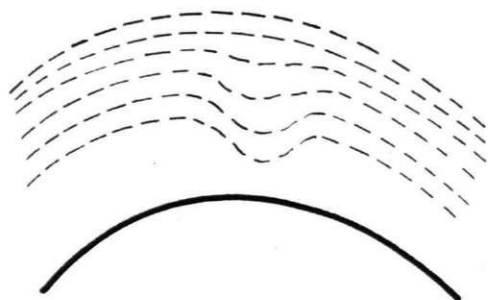
Analizējot Saules aktivitātes iespējamo ietekmi uz troposfēras procesiem, dažādi pētnieki pievērsuši uzmanību gan solārkonstantes izmaiņām, gan ultravioleto staru un kosmisko staru plūsmai, gan Saules vējam un starpplanētu magnētiskā lauka struktūrai.

Tomēr neviens no šiem faktoriem nesatur pietiekami daudz enerģijas, lai spētu mainīt Zemes atmosfēras cirkulācijas režīmu. Piemēram, magnētiskās vētras enerģija ir 10^{16} — 10^{17} J, bet troposfēras kinētiskā enerģija ir 10 000 reizu lielāka — 10^{21} džouli. Nepietiekama izrādās pat vairāku Saules faktoru kopiedarbība. Taču, no otras puses, kā liecina nepielūdzamie fakti, Saules aktivitāte ir atbildīga par aptuveni vienu piekto daļu no meteoroloģisko lauku izmaiņām. Tātad laika apstākļu maiņas pamats ir procesi pašā Zemes atmosfērā, bet Saules aktivitāte darbojas kā izmaiņu ierosmes mehānisms, kas atbrīvo meteoroloģiskajos laukos ietverto potenciālo enerģiju. Tādēļ bija jānoskaidro, kad un kur šāds kosmiskais «grūdiens» var izraisīt troposfēras cirkulācijas izmaiņas.

Nesen publicēti divi interesanti padomju zinātnieku darbi šai jomā: Lietišķās ģeofizikas institūta līdzstrādnieka R. Smirnova pētījums par īpašiem zemeslodes rajoniem, kur atmosfēra visjutīgāk reaģē uz ārējo ietekmi, un PSRS Zinātņu akadēmijas korespondētājlocekļa E. Mustela pētījums par šo rajonu saistību ar Zemes radiācijas joslām.

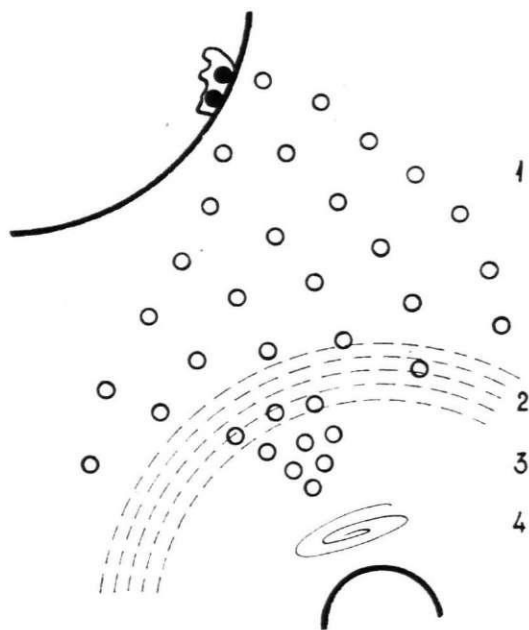
Padomju zinātnieki jau 70. gadu sākumā bija konstatējuši, ka Saules aktivitātes izraisīto ģeomagnētisko vētru ietekme visspilgtāk parādās dažās noteiktās vietās. Ziemeļu puslodē tās ir: Ziemeļamerikas kontinenta ziemeļaustrumu piekraste, Islandes apkaime, Eirāzijas austrumu piekraste ar centru virs Aleutu salām un plašs Padomju Savienības kontinenta apgabals uz austrumiem no Novosibirskas. Šais vietās 3—4 dienas pēc ģeomagnētiskās vētras maksimuma krasi pazemina atmosfēras spiedienu. Līdz ar to radās tālāki jautājumi — kāpēc kosmiskā ietekme sākotnēji parādās tieši šais rajonos un kāds fizikāls process šo ietekmi novada līdz troposfērai?

R. Smirnovs pievērsa uzmanību galvenokārt pirmajam jautājumam. Viņš teorētiski analizēja virpuļu pārnesei vienadojumu un meklēja vajadzīgo kritisko parametru ģeogrāfisko lokalizāciju. Izrādījās, ka fizikālie faktori, kuri ietekmē virpuļu veidošanos, — temperatūras gradients, gaisa masu pārvietošanās



1. att. Radiācijas joslu deformācija magnētiskās anomālijas rajonā.

ātrums u. c. — kritisko vērtību sasniedz tieši minētajos ģeogrāfiskajos rajonos. Tātad acimredzot tieši šais vietās troposfērā ienāk kādi Saules aktivitātes «sūtņi», kas darbojas kā lielo ciklonu ierosinātāji. Ciklonisko virpuļu



2. att. Saules aktivitātes ietekmes shēma: 1 — Saules aktīvās korpuskulas, 2 — Zemes magnetosfēra, 3 — radiācijas joslu daļiņas stratosfērā, 4 — ciklons.

pamatenerģija te ietverta pašās troposfēras gaisa masās, to iekšējā nestabilitātē, bet Saules aktivitātes darbība tikai dod pēdējo impulsu.

Diskutējot par darbīgo fizikālo agentu, kas šo impulsu atnes, R. Smirnovs pievērsa uzmanību infraskaņas viļņiem. Tie tiek ģenerēti dažādos atmosfēras procesos, arī apakšējā termosfērā, kur tos rada šo slāņu elektrisko strāvu siltumefekti. Infraskaņas viļņi izplatās, piemēram, arī no polārblāzmu slāņiem, nesot sevī līdz 10^{16} J enerģijas. Infraskaņas viļņi novēroti arī vidējos platumos. R. Smirnovs uzskata, ka šo viļņu nestā enerģija ir pietiekama, lai izraisītu virkni atmosfēras autonomo procesu, kur katrā nākamajā posmā atbrīvojas zināma daļa gaisa masu potenciālās enerģijas. Tāpēc arī ģeomagnetisko vētru konkrētā izpausme — ciklona apvidū pazeminātais atmosfēras spiediens — konstatējama tikai vairākas dienas pēc magnētiskās perturbācijas sākuma. R. Smirnovs vēl min, ka E. Mustels ar līdzstrādniekiem pētījis elektriski lādētu daļiņu plūsmas termosfērā un pievērsis uzmanību šo plūsmu lokalizācijai minēto virpuļu ģenerācijas rajonu tuvumā. R. Smirnovs tomēr domā, ka daļiņu plūsmas var būt tikai atmosfēras perturbāciju papildu faktors.

Toties E. Mustels apgalvo, ka tieši daļiņu plūsmas te ir galvenais enerģijas nesējs. Viņš ņēma vērā Brazīlijas zinātnieku iegūtos datus par elektronu un protonu plūsmām Brazīlijas magnētiskās anomālijas rajonā. Brazīlijas anomālija ir viena no tām vietām uz Zemes, kur planetārā magnētiskā lauka vertikālais komponents ir palielināts. Tādas vietas sauc par pasaules magnētiskajām anomālijām. Jau kopš pirmajiem radiācijas joslu pētījumiem ar ZMP ir noskaidrots, ka minētajos rajonos Zemes radiācijas joslas nolaižas zemāk nekā pārējās zemeslodes vietās (1. att.). Respektīvi, šais vietās ir iespējama daļiņu ienākšana atmosfērā.* Atbilstoši brazīliešu zinātnieku datiem, kas iegūti mērījumos ar stratosfēras

* Kā zināms, zemeslodes polārajos apvidos elektriski lādētas daļiņas iekļūst bieži; viens no to efektiem ir polārblāzmas.

baloniem 40 km augstumā, magnētisko vētru laikā te «iebirst» samērā daudz daļiņu — vidēji $1,35 \text{ e}^-/\text{cm}^2$ sekundē. Elektronu enerģija $>7,5 \text{ MeV}$, tātad uz 1 cm^2 ik sekundi ienāk $1,5 \cdot 10^{19}$ J enerģijas. Tā kā magnētiskās anomālijas apgabala rādiuss ir aptuveni 2500 km un magnētiskā vētra ilgst caurmērā trīs dienas, atmosfērā iekļuvušās enerģijas daudzums ir vienlīdzīgs 10^{12} džouliem. E. Mustela aprēķini liecina, ka lielu magnētisku vētru laikā kopīgais saņemtās enerģijas daudzums var būt pat 10^{18} — 10^{19} džouli.

Daļiņu plūsma var būt diezgan liela pat mazu geomagnētisko variāciju laikā, bet mierīgā geomagnētiskajā situācijā daļiņu plūsma vispār nav novērojama. Līdz ar to kļūst skaidrs, kāpēc 40 km augstumā jau agrāk novērots liels gaisa blīvuma un vēja virziena mainīgums — te bieži darbojas ārējais, kosmiskais enerģijas avots.

Piemērojot šos datus ziemeļpuslodes apstākļiem, E. Mustels secina, ka radiācijas joslu elektronu un protonu ienestā enerģija ir tā «pēdējā lāse», kas izjauc troposfēras labilo līdzsvaru iepriekš minētajos rajonos un izraisa lielo virpuli — ciklonu.

Tādējādi veidojas interesanta kopaina: Saules aktīvie apgabali raida pasaules telpā elektriski lādētas daļiņas, galvenokārt protonus un elektronus. Tās iestrēgst pašā ārējā Zemes čaulā — magnetosfērā un izraisa magnētisko vētru. Tā, savukārt, «sapurina» radiācijas joslas, un to daļiņas dod izšķirošo impulsu nestabilajām gaisa masām, ģenerējot ciklonu. Saules aktivitātes ietekmi tātad saņemam ar vairākpakāpju starpniecību (2. att.). Šis komplikētās norises, protams, apgrūtina gaidāmā laika prognožu sastādīšanu.

N. C i m a h o v i č a

KĻŪDAS LABOJUMS

Izdevuma iepriekšējā numurā I. Šmelda raksta «Horoskopa noslēpumi» 1. attēlā taisnam leņķim jābūt starp ascendentu un ekliptikas pola vertikāles krustpunktu ar horizontu, nevis starp ascendentu un ekliptikas un debess ekvatora krustpunktu.



CETURTĀ EKSPEDĪCIJA UZ „SALŪTU-7”

Kā jau ziņojām, ceturtās ekspedīcijas pamatapkalpe — komandieris Vladimirs Džanibekovs un bortinženieris Viktors Savinihs — ieradās orbitālajā stacijā «Salūts-7» 1985. gada 8. jūnijā ar kuģi «Sojuz T-13».* Pēc remonta un atjaunošanas darbiem un stacijas dekonservācijas abi kosmonauti sāka programmā paredzētos zinātniskos un tehniskos pētījumus un eksperimentus. Līdzīgi iepriekšējām ekspedīcijām, programma ietvēra Zemes virsmas vizuālu, fotogrāfisku un spektrometrisku novērošanu dabas resursu un apkārtējās vides izpēti metožu un aparātūras izstrādāšanai. Šai nolūkā stacijas apkalpe piedalījās kompleksos eksperimentos «Gineš-85» (Azerbaidžānas PSR rietumu rajonu dabas resursa kompleksa izpēte), «Kurska-85» (lauksaimniecības kultūru stāvokļa novērtēšana ar aerokosmiskiem līdzekļiem), «Kupols» (atmosfēras piesārņotības novērtēšana virs lieliem rūpniecības centriem Zaporožjes rajonā). Tika veikti astrofizikāli novērojumi, bioloģiski un bioķīmiski eksperimenti, tehniski eksperimenti ar orbitālā kompleksa sistēmām. Kosmonauti mērija kompleksam tuvās kosmiskās telpas atmosfēras parametrus, regulāri kontrolēja savu veselības stāvokli, veica medicīniskus novērojumus.

Turpinot orbitālā kompleksa apgādāšanu ar papildu zinātnisko aparāturu, izlietojamiem materiāliem, degvielu stacijas apvienotajai dzinējiekārtai, ūdeni, rezerves daļām, pastu un citām kravām, 1985. gada 21. jūnijā startēja un pēc

divām dienām ar staciju «Salūts-7» sakabinājās kārtējais automātiskais transportkuģis «Progress-24». Tā lidojums kompleksa sastāvā ilga līdz 15. jūlijam; šai pašā dienā pēc atkabināšanās no stacijas tas tika nobremzēts, iegāja atmosfēras blīvajos slāņos un beidza pastāvēt.

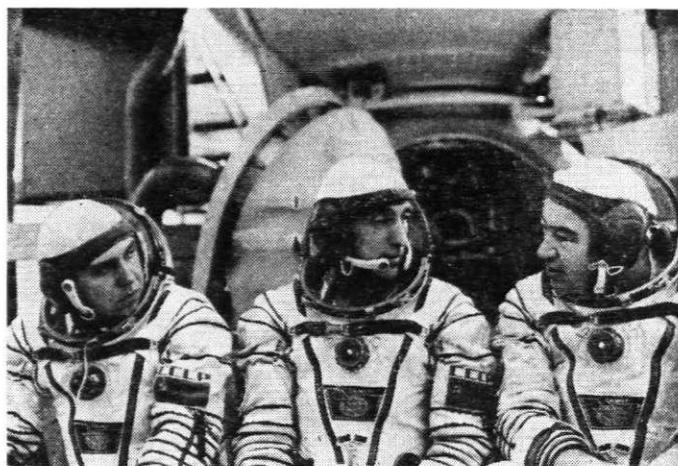
19. jūlijā startēja nākamais automātiskais transportkuģis — «Kosmos-1669»; tas sakabinājās ar staciju 21. jūlijā. «Kosmos-1669» pēc konstrukcijas ir analogisks «Progressa» tipa kuģim, taču apgādāts arī ar aparāturu zinātnisku pētījumu veikšanai gan autonoma lidojuma apstākļos, gan orbitālā kompleksa sastāvā.

2. augustā abi orbitālās stacijas kosmonauti izgāja atklātā kosmosā un strādāja tur piecas stundas. Šai laikā viņi piemontēja divus papildu paneļus trešajai stacijas Saules baterijai (pirmajām divām papildu paneļi tika piemontēti iepriekšējo ekspedīciju laikā). Vienam no galvenajiem Saules bateriju paneļiem tika piestiprināts eksperimentāls Saules baterijas paraugs. Kosmonauti uzstādīja uz stacijas virsmas arī aparāturu mikrometeorītu vielas vākšanai, nomainīja vairākus blokus un ierīces, kā arī kasetes ar biopolimēru un dažādu konstrukcijas materiālu paraugiem. Darbam atklātā kosmosā tika izmantoti jauni puscietā tipa skafandri, kuru konstrukcija modificēta, ņemot vērā stacijas iepriekšējo apkalpi pieredzi.

Transportkuģis «Kosmos-1669» tika atkabināts no orbitālā kompleksa 29. augustā. Nākamajā dienā, pēc tā atsevišķu sistēmu un agregātu izmēģinājumiem autonoma lidojuma apstākļos, «Kosmos-1669» tika nobremzēts, iegāja atmosfēras blīvajos slāņos un beidza pastāvēt.

* Sk. «Zvaigžņotā Debess», 1985./86. gada ziema, 15., 16. lpp.

Kosmosa kuģa «Sojuz T-14» apkalpe J. Gagarina Kosmonautu sagatavošanas centrā: vidū — apkalpes komandieris Vladimirs Vasjutins, pa labi — bortinženieris PSRS lidotājs kosmonauts Georgijs Grečko, pa kreisi — kosmonauts pētnieks Aleksandrs Volkovs. (TASS fotohronikas attēls.)



Padomju pilotējamās orbitālās stacijas «Salūts-7» galvenie raksturlielumi

Pilnā masa orbītā bez papildmoduļa un transportkuģiem	—	19 t,
" " " ar «Kosmos-1443» tipa papildmoduļi	—	40 t,
hermetizēto telpu tilpums bez papildmoduļa un transportkuģiem	—	90 m ³ ,
" " " ar «Kosmos-1443» tipa papildmoduļi	—	140 m ³ ,
zinātniskās aparatūras sākotnējā masa	—	1,5 t,
orbītas vidējais augstums — 350 km,	slīpums pret ekvatoru	— 51,6 grādi,
starta datums — 19.04.82,	nesējraķete	— «Protons».

Apkalpju lidojumi uz pilotējamo orbitālo staciju «Salūts-7» [līdz 1985. gada beigām]

Lidojuma mērķis	Starta datums	Nolaišanās datums	Lidojuma ilgums	Apkalpes locekļu skaits, valsts	Darba seansi atklātā kosmosā	
					skaits	kopilgums
1. pamatekspedīcija	13.05.82	10.12.82	211 ^d 09h	2 PSRS	1	2h33m
1. viesekspedīcija	24.06.82	02.07.82	7 ^d 22h	2 PSRS 1 Francija	—	—
2. viesekspedīcija	19.08.82	27.08.82	7 ^d 22h	3 PSRS	—	—
2. pamatekspedīcija*	20.04.83	22.04.83	2 ^d 00h	3 PSRS	—	—
2. pamatekspedīcija	27.06.83	23.11.83	149 ^d 11h	2 PSRS	1	5h45m
3. pamatekspedīcija	08.02.84	02.10.84	236 ^d 23h	3 PSRS	6	22h50m
3. viesekspedīcija	03.04.84	11.04.84	7 ^d 22h	2 PSRS 1 Indija	—	—
4. viesekspedīcija	17.07.84	29.07.84	11 ^d 19h	3 PSRS	1	3h35m
4. pamatekspedīcija	06.06.85	26.09.85	112 ^d 03h	2 PSRS	1	5h00m
4. pamatekspedīcija	17.09.85	21.11.85	64 ^d 22h	3 PSRS	—	—

* Transportkuģa saslēgšanās ar orbitālo staciju un apkalpes pāriešana tajā atcelta sakarā ar novirzēm no plānotā tuvošanās režīma.

1985. gada 17. septembrī startēja un 18. septembrī ar orbitālo kompleksu «Salūts-7»—«Sojuz T-13» sakabinājās kosmiskais kuģis «Sojuz T-14» ar trīs cilvēku apkalpi. Kuģa komandierim Vladimiram Vasjutinam un kosmonautam pētniekam Aleksandram Volkovam šis ir pirmais lidojums kosmosā, bet bortinženieris Georgijs Grečko kosmosā strādājis jau divreiz: 1975. gadā stacijā «Salūts-4» un 1977./78. gadā stacijā «Salūts-6». Visi pieci kosmonauti orbitālajā kompleksā kopīgi strādāja astoņas dienas. Šai laikā tika veikti daudzi ģeofizikāli, astrofizikāli un medicīniski pētījumi, tehniski un biotehnoloģiski eksperimenti, to vidū sērija eksperimentu ar jaunu pusrūpniecisku elektroforēzes

iekārtu, kura uz staciju tika nogādāta kuģī «Sojuz T-14».

26. septembrī kuģī «Sojuz T-13» uz Zemi atgriezās kosmonauti Vladimirs Džanibekovs un Georgijs Grečko. Tā kā Džanibekovs kosmosā pavadījis gandrīz četrus mēnešus, pirms atgriešanās viņš veica treniņu ciklu ar vakuumtērpu «Čibis». Darbu orbitālajā kompleksā «Salūts-7»—«Sojuz T-14» turpināja Vladimirs Vasjutins, Aleksandrs Volkovs un Viktors Savinihs. Tādējādi pirmoreiz veikta daļēja orbitālās stacijas pamatapkalpes maiņa, nepārtraucot stacijas darbību pilotējamā režīmā.

(Pēc TASS ziņojumiem)

„SALŪTA” APKALPES VĪRĪŠĶĪBA

Kopš 1984. gada 2. oktobra, kad darbu orbitālajā kompleksā «Salūts-7»—«Sojuz T-12» beidza trešā pamatapkalpe, stacija atradās automātiskā lidojuma režīmā. Kosmiskais aparāts bija iekonservēts, un četrus mēnešus ar to kontroles nolūkā tika regulāri noturēti radiosakaru seansi.

Kārtējā sakaru seansā atklājās kļūme kādā radiosistēmas blokā, ar kura starpniecību tiek saņemtas komandas no Zemes. Vēlāk radiosakari ar «Salūtu-7» pilnīgi pārtrūka un nebija vairs iespējams saņemt telemetrisko informāciju par tā bortsistēmu stāvokli. Tātad vairs nevarēja pēc stacijas radioierīču signāliem kontrolēt tās atrašanās vietu orbītā, zināt, kā norisinās tās kustība ap masas centru. Nebija iespējams izmantot orientācijas sistēmas aparatūru un dzinējus, lai nodrošinātu transportkuģa tuvošanos un pieslēgšanos. Bija zudusi iespēja kontrolēt stacijas bortsistēmu — termoregulēšanas, energoapgādes, kabīnes atmosfēras sastāva uzturēšanas sistēmas u. c. — stāvokli un funkcionēšanu.

Kļuva skaidrs, ka «Salūta-7» darbības atjaunošanai nepieciešama apkalpes klātbūtne. Taču, lai tas varētu notikt, bija jāatrod paņēmieni, kā aizvadīt transportkuģi līdz klusējošajai un telpā neorientētajai orbitālajai stacijai, turklāt šis kuģis jāaprīko ar jaunām ierīcēm, kas nepieciešamas šādi operācijai, un pienācīgi jāsa-

tavo apkalpe. Bija jāizstrādā jauna ballistikā shēma tuvošanās manevram un jāveic atbilstošie treniņi Lidojuma vadības centra speciālistiem.

Lai varētu pietuvoties «Salūtam-7», tika izraudzīts šāds paņēmienis: apmēram 10 km attālumā apkalpei, izmantojot optisku ierīci, viena no transportkuģa asīm jānofēmē uz orbitālo staciju un jāievada tā elektroniskajotājā signāls, ka šī manipulācija ir paveikta. (Virs Zemes apgaismotās puslodes «Salūtam» vajadzēja būt novērojamam uz melnās debess fona kā neparasti spožai zvaigznei — protams, ja stacijai tuvotos no Zemes puses.) Kuģa «Sojuz» skaitļošanas mašīna, kura jebkurā mirklī «zina» šā lidaparāta patieso atrašanās vietu «nekustīgā» (ar Zemi saistītā) koordinātu sistēmā, pēc vairākiem šādiem tēmējumiem varētu noteikt tā faktisko trajektoriju attiecībā pret «Salūtu», aprēķināt nepieciešamās korekcijas un dot komandas to īstenošanai.

Ja tuvošanās norisinātos normāli, kādu divu trīs kilometru attālumā no «Salūta-7» kuģa apkalpei būtu jāņem vadība savās rokās, jāpietuvojas stacijai, jāaplido tai apkārt, lai varētu piekļūt no pārejas nodalījuma puses, un jāsakabinās ar to.

Lai īstenotu šos manevrus, līdztekus nepieciešamajiem matemātiskajiem algoritmiem, kurus ierakstīja skaitļojamās mašīnas atmiņā, tika

sagatavots speciāls instrumentu komplekss, kurā ietilpa optiskais vizieris, lāzera tālmērs un infrasarkanais tālskatis. (Pēdējo nolēma paņemt līdzī gadījumam, ja neizdotos pietāt pie «Salūta» līdz ieešanai Zemes ēnā un vajadzētu kādu laiku «karāties» izraudzītajā attālumā no orbitālās stacijas — tā, lai nepazaudētu to no redzeslauka un arī lai neiedrāztos tajā.)

Martā sāka gatavot lidojumam kosmosa kuģi. Tika izstrādātas metodes, shēmas un programmas apkalpes un vadības centra darbībai tuvošanās, stacijas aplidošanas un sakabināšanās laikā. Apkalpe veica speciālus treniņus dažādos sfēros, apguva prasmi strādāt ar jauniem instrumentiem. Īpaši treniņi tika sarīkoti arī Lidojuma vadības centra, kā arī novērošanas, vadības un sakaru punktu personālam. Tika izstrādātas shēmas apkalpes rīcībai pēc kuģa saslēgšanās ar staciju.

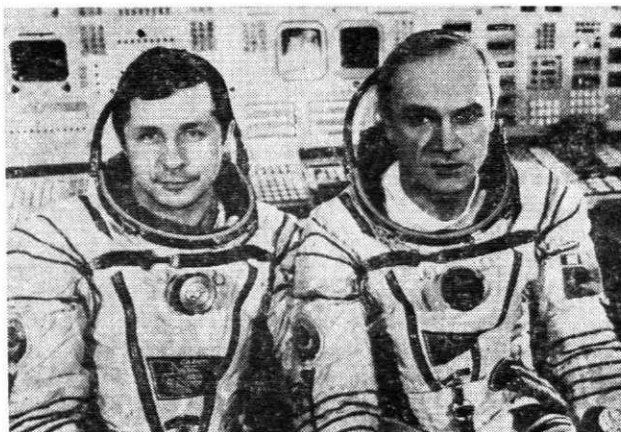
6. jūnijā kosmosa kuģis «Sojuz T-13», ko pilotēja Vladimirs Džanibekovs un Viktors Savinihs, tika ievadīts orbītā ap Zemi. Izdarījis orbītas korekciju, tas 8. jūnija rītā nonāca «Salūta-7» apkaimē. Kad abi kosmiskie aparāti izlidoja no Zemes ēnas, tie izrādījās apmēram 10 km attālumā viens no otra. Džanibekovs, lūkodamies caur nolaižamā aparāta iluminatoru, orientēja kuģa šķērsasi uz orbitālo staciju, Savinihs pēc viņa komandām ievadīja informāciju par to elektronskaitļotājā. Pēc tam automātika izpildīja pēdējo korekcijas manevru, bet no aptuveni 2,5 km attāluma apkalpe pārgāja uz

manuālo vadību. Tiesa, kosmosa kuģa skaitļojamās mašīnas aprēķini bija pietiekami precīzi, un tuvošanās trajektoriju vajadzēja manuāli korigēt pavisam nedaudz.

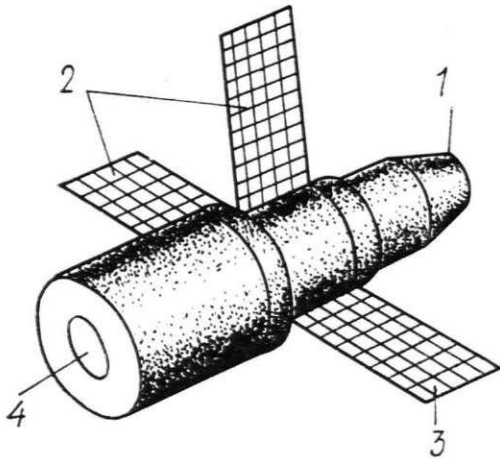
Apmēram 200 m attālumā apkalpe apturēja transportkuģa tuvošanās orbitālajai stacijai un lika tam turēties nemainīgā attālumā no tās. Kosmonauti novērtēja apgaismojuma apstākļus, kuros nāksies pietāt pie orbitālās stacijas (izrādījās, ka tie nav sevišķi labvēlīgi), apspriedās ar Lidojuma vadības centru un, saņēmuši atļauju, ķērās pie šā manevra īstenošanas. Džanibekovs vēl vairāk tuvināja kuģi «Salūtam-7»; kuģis aplidoja tam apkārt, nostājās pretim pārejas nodalījumam un sakabinājās.

Teicami realizētā tuvošanās orbitālajai stacijai «Salūts-7» un sakabināšanās ar to jāvērtē kā ievērojams tehniskais sasniegums. Šai metodei ir liela nozīme pilotējamo kosmisko lidojumu tālākajā attīstībā. Tā dod iespēju tuvoties pa orbītu lidojošiem pavadoņiem, lai veiktu to apskati vai remonta un profilakses darbus. Īpaši svarīga šāda operācija būtu gadījumā, kad jāglābj pilotējama kosmosa kuģa apkalpe, kura tehnisku iemeslu dēļ nevar atgriezties uz Zemes.

Gan apkalpe, gan visi citi, kas piedalījās šā lidojuma sagatavošanā un īstenošanā, bija priecīgi un laimīgi. Bez šaubām, bija gūts liels panākums, varētu pat teikt — uzvara, taču šķietami skaidrajās debesīs parādījās tumšs mākonis. Vēl tad, kad «Sojuz T-13» tuvojās «Sa-



1. att. Kosmosa kuģa «Sojuz T-13» apkalpe — kuģa komandieris PSRS lidotājs kosmonauts Vladimirs Džanibekovs un bortinženieris PSRS lidotājs kosmonauts Viktors Savinihs. (TASS fotohronikas attēls.)



2. att. Orbitālās stacijas «Salūts-7» svarīgākie ārējie elementi: 1 — priekšējais sakabināšanās mezgls, 2, 3 — Saules bateriju paneļi, 4 — pakalējais sakabināšanās mezgls. (Pēc padomju presē publicētiem attēliem.)

lūtam-7», Lidojuma vadības centra speciālisti televīzijas attēlos pamanīja, ka divi ap savstarpēji sakrītošām asiņ grozāmie Saules bateriju paneļi nav vis paralēli, bet gan pagriezti viens pret otru 70—90° leņķī. Tas nozīmēja, ka nedarbojas Saules bateriju orientēšanas sistēma un stacijas elektrotīklā var vispār nebūt sprieguma.

Pēc «Salūta» un «Sojuz» elektrospaudņu saslēgšanās vajadzēja pārbaudīt dažus stacijas parametrus, kā to dara vienmēr, kad kontrolē abu lidaparātu savienojuma hermētiskumu. Stacijā izvietotie mērelementi tad caur minētajiem elektrospaudņiem tiek pieslēgti kuģī uzstādītajai informācijas atainošanas sistēmai. Tika konstatēts, ka mērelementi kuģa elektriskajām ķēdēm nav pieslēgušies. Bet pieslēgšanos nodrošinātais slēdzis saņem spriegumu no stacijas elektrotīkla. Tātad tā bija vēl viena pazīme, ka «Salūta-7» energoapgādes sistēma nedarbojas.

Uzreiz radās daudz problēmu: ja nestrādā energosistēma, tad orbitālajai stacijai un visam, kas tajā atrodas, neizbēgami jāsasalst. Turklāt ne tikai ūdenim un ēdienam, bet arī instrumentiem, agregātiem un mehānismiem, kuri

domāti darbībai temperatūrā virs nulles. Tas nozīmēja, ka nedarbojas kabīnes atmosfēras sastāva uzturēšanas un kontroles sistēma, tātad nav skaidrs, vai apkalpe vispār var uzturēt stacijas telpās. Kādas gāzes tagad tajā sastopamas, nav zināms: radioierīču komplekss taču varēja sabojāties arī ugunsgrēka dēļ. Iespējams, ka apkalpei vajadzēs strādāt gāzmaskās...

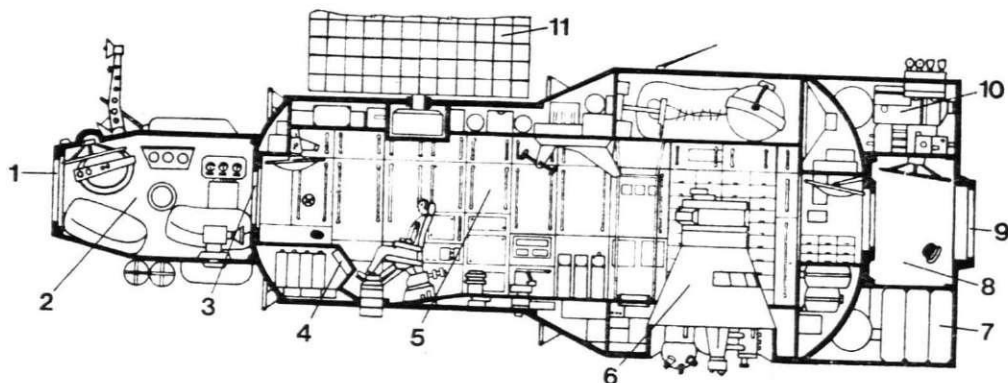
Apkalpe pārbaudīja abu kosmisko aparātu savienojuma hermētiskumu, manuāli izņēma «aizbāzni» orbitālās stacijas sakabināšanās mezglā un tādējādi izlīdzināja spiedienu pārejas nodalījumā un kosmosa kuģa kabīnē.

Pirms pāriešanas darba nodalījumā tika demontēts spiediena izlīdzināšanas vārstulis un paņemts turienes gaisa paraugs, lai noskaidrotu stacijas atmosfēras sastāvu. Analīze parādīja, ka gaisā nav kaitīgu piemaisījumu un indīgu vielu. Pēc tam kosmonauti atvēra lūku un iegāja «Salūta-7» darba nodalījumā. Temperatūra šajā telpā bija zem nulles.

Vēl būdams pārejas nodalījumā, Džanibekovs pārbaudīja spriegumu kādā sienas kontaktā — izrādījās, ka tas ir nulle. Bija apstiprinājušās visļauņākās aizdomas. Tomēr kosmonauti vēl pamēģināja no darba nodalījuma pultīm dot kādas komandas — bet tās netika izpildītas. Viņi palūkojās uz energosistēmas buferakumulatoru uzlādētības rādītājiem: galvenajās baterijās — nulle.

Kas īsti noticis? Kādā stāvoklī ir orbitālā stacija? Kā tajā strādāt? Ja atmosfēra netiks pastāvīgi attīrīta (bet gaisa reģenerācijas sistēmu iedarbināt nevar — nav sprieguma), tad, uzturoties apkalpei, ogļskābās gāzes koncentrācija aptuveni diennakts laikā sasniegs dzīvībai bīstamu līmeni. Taču strādāt vajag, jo citādi nav iespējams uzzināt, kas īsti atgadījies un kas darāms tālāk. Saskaņā ar padomiem no Zemes, apkalpe pēc pagaidu shēmas samontēja ventilācijas sistēmu, iedarbināja pirmo reģeneratoru.

Jautājumu kaudze uz Zemes palikušo inženieru priekšā auga augumā. Vispirms vajadzēja atjaunot energoapgādes sistēmas darbību. Bet vai tas ir iespējams? Pirms «Sojuz T-13» starta energosistēmas speciālisti taču kategoriski apgalvoja: ja tā izgājusi no ierindas un akumu-



3. att. Orbitālās stacijas «Salūts-7» iekārtojums: 1 — priekšējā sakabināšanās mezgla lūka (atvērta), 2 — priekšējais pārejas nodaļums (arī slūžu kamera izešanai atklātā kosmosā), 3 — lūka starp pārejas nodaļumu un darba nodaļumu (atvērta), 4 — galvenā vadības pulsts, 5 — darba nodaļums, 6 — zinātniskās aparatūras nodaļums, 7, 10 — agregātu un instrumentu nodaļums, 8 — pakalējais pārejas nodaļums (jeb pārejas kamera), 9 — pakalējā sakabināšanās mezgla lūka (atvērta), 11 — vidējais («vertikālais») Saules bateriju panelis. (Pēc «Aviācija i kosmonavtika».)

latori ir pilnīgi izlādējušies, atjaunot «Salūta-7» energoapgādi nebūs iespējams. Taču tagad, konkrētajā situācijā, vajadzēja meklēt izeju un kompleksi risināt visus orbitālās stacijas atdzīvīšanas jautājumus.

Spriedzot pēc tā, ka spriegums enerģosistēmā neparādījās pat tad, kad Saules baterijas bija apgaismotas, tās bija vispār atslēgtas no akumulatoru baterijām. Tātad pirmais uzdevums — akumulatoru atjaunošanai un uzlādēšanai nepieciešams Saules baterijas atkal pieslēgt stacijas elektrotīklam. Taču, lai to izdarītu, jāpievada spriegums tālvadāmajam automātiskajam (nevis manuālajam) slēdzim — bet sprieguma nav. Apburtais loks. Ņemt spriegumu no «Sojuz» būtu bīstami — ja «Salūta» elektriskajās ķēdēs izrādīsies tāda kļūme, kas sabojās transportkuģa energoapgādes sistēmu, atgriešanās uz Zemes kļūs neiespējama. Nē, riskēt ar apkalpes locekļu dzīvībām nedrīkstēja.

«Salūta-7» energoapgādes sistēmas atjaunošanai tika izplānota un realizēta diezgan sarežģīta procedūra. Atbilstoši Zemes speciālistu izstrādātajām metodēm, apkalpe izjauca shēmu, kas savienoja ķīmiskās buferbaterijas ar stacijas elektrotīklu. Pārbaudot ar attiecīgo mēraparātu, tika atrastas un tad atvienotas bojātās baterijas. Par laimi, to izrādījās ne pārāk

daudz — divas no astoņām. Bija pamats cerēt, ka pārējie akumulatori, kad tos tieši pieslēgs Saules baterijām, sāks uzlādēties. Vadoties pēc instrukcijām no Zemes, apkalpe izgatavoja šādai pieslēgšanai nepieciešamos kabeļus, un 10. jūnijā sākās mēģinājums uzlādēt pirmo bateriju.

Izmantojot «Sojuz T-13» vadības sistēmu un dzinējus, «Salūta-7» noorientēja tā, lai akumulatoriem pieslēgtās Saules baterijas būtu apgaismotas. Pēc dažām stundām pirmais buferbateriju bloks bija daļēji uzlādēts un to pievienoja stacijas elektrotīklam. Līdz ar to kļuva iespējams no kosmonautu pulsts ieslēgt telemetrijas sistēmu un pēc informācijas, ko sāka saņemt uz Zemes, novērtēt «Salūta-7» bortsistēmu un agregātu stāvokli un temperatūras režīmu.

Problēmu apjoms izrādījās visai liels. Bažas izraisīja ne vien energoapgādes sistēma, bet arī «Salūta-7» konstrukcijas elementu temperatūra, kas bija zem nulles. Tas nozīmēja, ka kosmiskā aparāta orientēšanai nevar izmantot reaktīvos dzinējus. Ūdens orbitālajā stacijā bija sasalis. Jau otrajā dienā Džanibekovs un Savinihs mēģināja ieslēgt ūdensapgādes sistēmu «Rodņik» — tā nedarbojās. Bet cik ilgā laikā tā varētu atstāties? Pēc speciālistu vērtējuma — no dažām

diennaktīm līdz veseram mēnesim. Odens krājums transportkuģī bija aprēķināts astoņām diennaktīm, t. i., tam bija jāizsīkst 14. jūnijā. Pat ja izmantotu, vispirms sasildot kosmosa kuģī, divas nelielas pārnēsājamas tvertnes, kuras bija stacijā, ja ierobežotu apkalpei ūdens patēriņa normu un ņemtu ūdeni no kuģa neaizskaramajām avārijas rezervēm, tā krājumu pietiktu tikai līdz 21. vai 23. jūnijam.

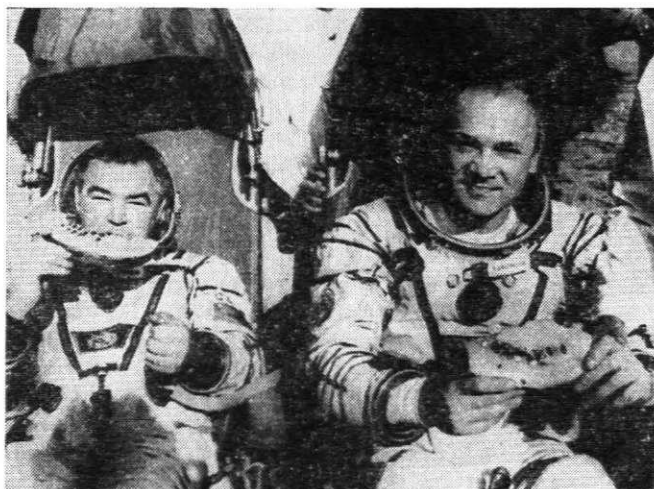
Taču «atsilšana» sākās agrāk. Pēc pirmās buferbaterijas uzlādēšanas tādā veidā tika uzlādēti arī pārējie akumulatori. Darba gaitā arī noskaidrojās iemesls, kādēļ izgājusi no ierindas energosistēma, — vienā no buferbaterijām bija sabojājusies mērietais, kas ziņoja par akumulatoru pilnīgu uzlādētību. Pēc šīs ietaises signāla Saules baterijas tiek atslēgtas no buferbaterijām. Pēc programmpulksteņa komandām reizi aprīņķojumā Saules baterijas tika pieslēgtas akumulatoriem, bet bojātā mērietais tās tūlīt atkal atslēdza. Buferbaterijas vienas pašas apgādāja strāvas patērētājus un izlādējās līdz nullei. Visa orbitālās stacijas aparātūra pārstāja darboties — nebija enerģijas.

Nestrādāja aparātūra — neizdalījās siltums, un «Salūts-7» sāka atdzist, sasalt. Tas nebūtu noticis, ja orbitālajā stacijā būtu uzturējusies apkalpe vai nebūtu pārtrūkuši sakari ar Zemi — bojāto mērelementu ar attiecīgo radiokomandu taču varētu atslēgt.

Pēc buferbateriju uzlādēšanas Džanibekovs un Savinihs atjaunoja normālo elektrisko shēmu, un atkal sāka darboties energoapgādes sistēma, Saules bateriju orientēšanas sistēma, termoregulēšanas sistēma, telemetrijas sistēma. Apkalpe uzstādīja jaunu radiokomandu uzstveršanas aparāturu bojātās vietā. Orbitālajā stacijā parādījās gaisma un siltums, 16. jūnijā no krāna sāka tecēt ūdens — bija sācis kust ledus sistēmā «Rodņik». Krīze bija pāri.

«Salūtu-7» sildot, vajadzēja rīkoties piesardzīgi: kad stacija atdzisa, tās atmosfēras mitrums vispirms kondensējās uz kosmiskā aparāta iekšējām sienām un tur sasala. Tādēļ nedrīkstēja uzreiz ieslēgt korpusa termostatēšanas kontūru, jo tad mitrums iztvaikotu no sienām un varētu kondensēties joprojām aukstajos instrumentos un elektrospraudņos un radīt traucējumus to darbībā. Tāpēc vispirms tika sasildīta kabīnes atmosfēra, instrumenti un tikai pēc tam tika ieslēgts korpusa termostatēšanas kontūrs.

Jau 13. jūnijā kosmonauti ar īpašu testu izmēģināja, kā funkcionē orientācijas sistēma, tuvošanās aparātūra un dzinējiekārta. Ja tās nestrādātu, nevarētu gatavot lidojumam uz «Salūtu-7» kravas transportkuģi «Progress» — tas spēj tuvojties stacijai tikai automātiskā režīmā, sadarbībā ar tās aparāturu. Šādā gadījumā apkalpei nāktos pārtraukt ekspedīciju un atgriezties uz Zemes. Izmēģinājums bija veiksmīgs.



4. att. Vladimirs Džanibekovs (pa labi) atgriezies uz Zemes no remontekspedīcijas «Salūtu-7». Viņam blakus — stacijā īsāku laiku pavadījušais Georgijs Grečko. (TASS fotohronikas attēls.)

Tika pieņemts lēmums steidzami sūtīt lidojumā kravas kuģi, kura galvenais uzdevums būtu nogādāt uz «Salūta-7» ūdeni. Vajadzēja visīsākajā laikā pārbaudīt, piekraut, uzpildīt un sagatavot lidojumam transportkuģi un tā nesēja raketi. 23. jūnijā agri no rīta «Progress-24» piestāja pie orbitālās stacijas.

Protams, «Salūta-7» aparatūra bija izcietusi smagu pārbaudījumu. Tādēļ pēc energoapgādes sistēmas atjaunošanas bija nepieciešams veikt arī citus, agrāk iepilnātos profilakses un remonta darbus.

«Progress-24» atgādāja jaunas akumulatoru baterijas, kuras tika liktas lietā kopā ar vecajām, kā arī ūdeni, raķešdegvielu un instrumentus, kas bija nepieciešami pilotējamā lidojuma turpināšanai.

Jāuzsver, ka Vladimirs Džanibekovs un Viktors Savinihs, parārdādami īstu vīrišķību, ļoti smagos apstākļos ar izcilu rūpību īstenoja visas «Salūta-7» atjaunošanai domātās operācijas. Nevar neminēt arī pašreizējo, ar kādu strādāja Lidojuma vadības centra personāls un visi inženieri, kas bija iesaistīti situācijas analīzē, stacijas darbību atjaunošanas metožu un programmu izstrādē. Lidojuma pirmā mēneša laikā tika uzkrāta bagātīga pieredze atjaunošanas darbu veikšanā kosmosa apstākļos, iegūti unikāli dati par šādu sarežģītu remontoperāciju īstenošanas iespējām.

K. Feoktistovs

(Tulkots no laikraksta «Pravda»
1985. gada 5. augusta numura)

PIRMĀ TIKŠANĀS AR KOMĒTU

Brīdī, kad šis rindas nonāks pie lasītāja, četri kosmiskie aparāti jau būs palūkojušies uz slaveno Haleja komētu no tikai dažu tūkstošu vai pat simtu kilometru attāluma. Divi paši lielākie no tiem, kā zināms, radīti Padomju Savienībā ar vairāku sociālistisko valstu un dažu kapitālistisko valstu līdzdalību (pētniecības aparātūras izstrādē), viens nedaudz mazāks — Rietumeiropas valstīs, vēl viens, pēc lieluma un zinātniskajiem uzdevumiem pats pieticīgākais, — Japānā.*

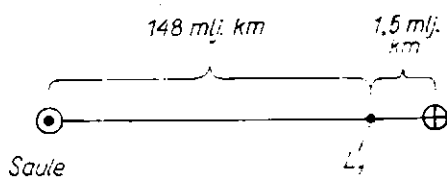
Tādējādi no visām valstīm, kas vairāk vai mazāk vērienīgi darbojas kosmonautikas jomā, starptautiskajā ekspedīcijā pretim Haleja komētai nepiedalījās vienīgi Amerikas Savienotās Valstis: tur attiecīgā projekta īstenošanai nebija atvēlēti nepieciešamie naudas līdzekļi. Tiesa, Haleja komētas izpētei ar visai iespaidīgu ārpusatmosfēras teleskopu kompleksu (trīs instrumenti ar galvenā spoguļa diametru ap 1 m un cita apa-

ratūra) bija iepilnāts speciāls «Space Shuttle» reiss.** Tika liktas lietā arī visas iespējamās agrāk palaistās automātiskās orbitālās observatorijas — Saules izpētes pavadoņi SMM, tālā kosmosa objektu pētīšanai domātais IUE u. c., kā arī Venēras mākslīgais pavadoņs «Pioneer-Venus-1». Tomēr visi šie novērojumi no daudzu miljonu kilometru attāluma, lai arī cik vērtīgi (sevišķi komētas gāzu apvalka izpētei) tie būtu, nekādi nevarēja aizstāt šā objekta novērojumus ciešā tuvplānā un tiešus mērījumus tā apkaimē. Tādēļ amerikāņu Nacionālā aeronautikas un kosmonautikas pārvalde (NASA) meklēja iespēju izmantot šādam pasākumam kādu jau agrāk palaistu kosmisko aparātu.

«International Sun-Earth Explorer» № 3 jeb, saīsināti, ISEE-3, kā redzams pēc nosaukuma, bija starptautiskas sadarbības kārtā radīts kosmiskais aparāts uz Saules un uz Zemes norisošo procesu saistības izpētei. Kopīga ASV un Rietumeiropas valstu pasākuma ietvaros tam

* Sk. M ū k i n s E. Zeme—Venēra—Haleja komēta. 2. — Zvaigžņotā Debess, 1985./86. gada ziema, 16.—23. lpp.

** Anulēts sakarā ar kosmoplāna «Challenger» avāriju 28.01.86.



1. att. Sistēmas Saule—Zeme librācijas punkts L_1 , kura apkaimē vairāk nekā trīs gadus uzturējās (precīzāk, riņķoja ap šo punktu pa orbītu, kuras plakne bija perpendikulāra līnijai Saule—Zeme) kosmiskais aparāts ISEE-3.

bija paredzēts trīs gadus atrasties sistēmas Saule—Zeme librācijas punktā L_1 , t. i., vietā, kur abu debess ķermeņu pievilkšanas spēki, būdami pretēji vērsti, precīzi līdzsvaro viens otru (1. att.). Tur šim amerikāņu būvētajam aparātam vajadzēja pastāvīgi zondēt Saules vēju pusotra miliona kilometru pirms tā sastapšanās ar Zemi, kamēr parastākās orbītās ievadītie pavadoņi ISEE-1 un ISEE-2 novērotu, kādas parādības šī elektriski lādēto sīkdaļiņu plūsma izraisa Zemes magnetosfēras iekšienē. Lai to darītu, ISEE-3 tika aprīkots ar 13 zinātniskajiem instrumentiem 104 kg kopsvarā, bet pa vienam — VFR, Francijā un Anglijā. To vidū bija dažādas enerģijas elektriski lādēto sīkdaļiņu plūsmu (Saules vēja, magnetosfēras plazmas, kosmisko staru) analizatori, plazmas viļņu analizators un magnetometrs; kā citu instrumentu sastāvdaļas zinātniskajā ekipāžā bija ietverts arī Saules uzliesmojumu rentgenspektra analizators un kosmisko gamma starojuma uzliesmojumu detektors.

Nepilnus 500 kg smagais un ar rotāciju stabilizētais ISEE-3 tika palaists ar amerikāņu nesējraķeti «Delta» 1978. gada 12. augustā un sasniedza plānoto atrašanās vietu tā paša gada 20. novembrī. Kā jau pats pirmais šādā pozīcijā «noenkurotais» kosmiskais aparāts, tas ieguva daudz būtiski jaunas informācijas par Zemes magnetosfēras mijiedarbību ar Saules vēju, šajā jomā pilnīgi atbaidot savu radītāju cerības. Bez tam ISEE-3 kļuva par vienu no svarīgākajiem atbalsta punktiem rietumvalstu izvērstajā kosmisko gamma starojuma uzliesmo-

jumu peilēšanas tīklā,* tādējādi pavērdams iespēju ar agrāk neaizsniedzamu precizitāti noteikt virzienu uz vairāku visādā ziņā interesantu uzliesmojumu avotiem.

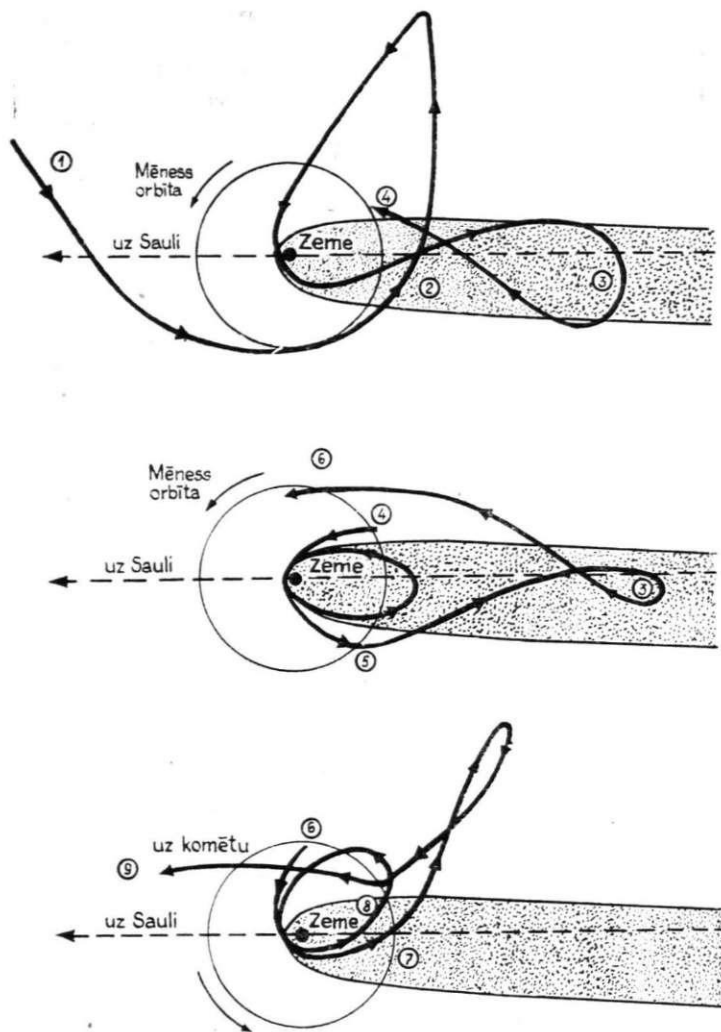
Kosmiskajam aparātam, kas it kā balansēja starp Zemi un Sauli, pat necīga sākotnējā novirze no līdzsvara punkta iecās augt tajā pašā virzienā aizvien lielāka un lielāka; lai šo parādību kompensētu, vajadzēja laiku pa laikam iedarbināt trajektorijas korekcijas dzinēju. Taču tieši ISEE-3 pozīcijas nestabilitāte, kā arī relatīvi masīvā Mēness tuvums pavēra iespēju, iztiekot ar pavisam nelielajiem korekcijas dzinēja degvielas krājumiem, sūtit šo kosmisko aparātu vēl daudz tālākā ceļojumā, nekā sākotnēji paredzēts. 1982. gada 10. jūnijā ISEE-3 atstāja savu posteni un pēc pusotru gadu ilgas ļoti sarežģītas manevrēšanas Zemes, Mēness un Saules gravitācijas laukos devās projām no mūsu planētas uz tikšanos ar Džakobīni—Cinnera komētu (2. att.). Šajos manevros tika izmantots pirmām kārtām Mēness pievilkšanas spēks, kurš, pateicoties ļoti precīzai pārlidojuma trašu izvēlei, ik reizes vajadzīgajā veidā mainīja kosmiskā aparāta lidojuma virzienu un aizvien vairāk palielināja tā ātrumu.

Šajā periodā ISEE-3 atkārtoti nonāca Zemes magnetosfēras astes tālākajā daļā — pusmiljona un vairāk kilometru attālumā no mūsu planētas, t. i., apgabalā, kur citi kosmiskie aparāti pabijūši tikai epizodiski un uz īsu brīdi. Tādējādi pa ceļam uz komētu ISEE-3 ļāva papildus īstenot vēl vienu magnetosfēras mērījumu kompleksu, kas pēc apjoma un nozīmīguma bija salīdzināms ar tiem pētījumiem, kurus saskaņā ar sākotnēji nosprausto programmu veica lidojuma pirmajā posmā.

Pēc pēdējā manevra, kurš notika 1983. gada 22. decembrī un kura gaitā ISEE-3 aizlidoja gar Mēness virsmu tikai 116 km augstumā, kos-

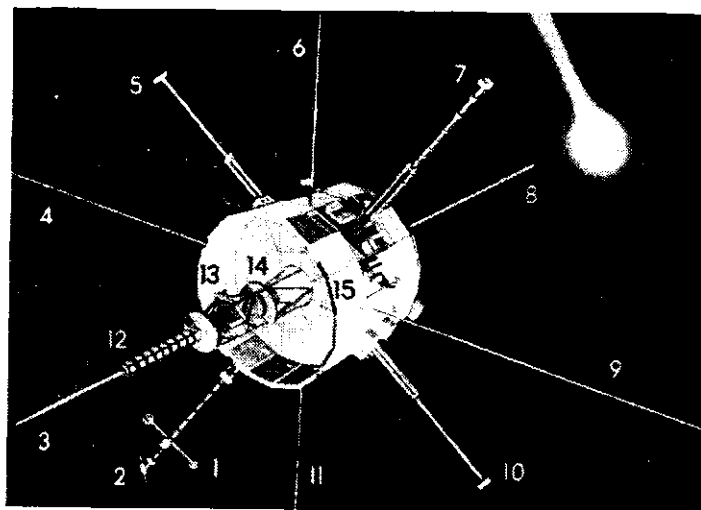
* Bez ISEE-3 šajā tīklā vēl ietilpa Venēras mākslīgais pavadoņs «Pioneer-Venus-1», ap Sauli riņķojošais VFR kosmiskais aparāts «Helios-2» un vairāki Zemes mākslīgie pavadoņi. Vēl vienu gamma uzliesmojumu peilēšanas tīklu, kurš ietvēra pavadoņi «Prognose-8» un automātiskās starplanētu stacijas «Venēra-11» un «Venēra-12», tajā pašā laikā izvērsa Padomju Savienība ar Francijas līdzdalību.

2. att. Kosmiskā aparāta ISEE-3 lidojums no sistēmas Saule—Zeme librācijas punkta L_1 pretim Džakobini—Cinnera komētai (ar punktējumu atainota Zemes magnetosfēras aste): 1 — librācijas punkta atstāšana (1982. g. 10. jūnijs), 2 — magnetosfēras aste šķērsošana (1982. g. 14.—24. oktobris), 3 — magnetosfēras aste šķērsošana (1983. g. janvāris—marts un maijs—septembris), 4 — pirmais Mēness pārlidojums (1983. g. 30. marts), 5 — otrais Mēness pārlidojums (1983. g. 24. aprīlis), 6 — trešais Mēness pārlidojums (1983. g. 28. septembris), 7 — ceturtais Mēness pārlidojums (1983. g. 22. oktobris), 8 — piektais Mēness pārlidojums (1983. g. 23. decembris), 9 — aizlidošana starplanētu telpā (1984. g. janvāris). (Pēc NASA attēla.)



miskais aparāts atstāja Zemes pievilkšanas spēka ietekmes sfēru un tādējādi kļuva par pilntiesīgu automātisko starplanētu staciju. Pētniecības uzdevuma maiņas dēļ tam tika piešķirts jauns nosaukums — «International Cometary Explorer» jeb, saīsināti, ICE (tulkojumā no angļu valodas — ledus, kas ir komētu kodolu galvenā sastāvdaļa). Tikšanās ar jauno ceļamērķi notika 1985. gada 11. septembrī, kosmiskajam aparātam ar ātrumu 21 km/s izlidojot cauri komētas astei 7850 km attālumā aiz tās kodola.

Lai gan ICE līdz šim brīdim projektā paredzēto triju gadu vietā bija pavadījis izplatījumā vairāk nekā septiņus, no tā 13 zinātniskajiem instrumentiem seši joprojām bija darbspējīgi kaut vai daļēji, bet pārējie septiņi — pat visā pilnībā. Turklāt pēdējo vidū, par laimi, bija gandrīz visi tie instrumenti, kuri varēja noderēt un patiešām ļoti labi noderēja komētas, konkrēti, tās gāzu apvalka jonizētā komponenta izpētei, kā arī Saules vēja un komētas mijiedarbības iepazīšanai.



3. att. Kosmiskais aparāts ISEE-3: 1 — antena elektriskā lauka svārstību reģistrēšanai, 2 — indukcijas spole magnētiskā lauka svārstību reģistrēšanai, 3, 8 — aksiāli orientētās radiostarojuma uztvērējantenas (pilnais atpletumums — 14 m), 4, 6, 9, 11 — radiāli orientētās radiostarojuma uztvērējantenas (pilnais atpletumums — 92 m), 5, 10 — izbidāmi atsvari kosmiskā aparāta rotācijas stabilizēšanai, 7 — magnetometrs, 12 — sakaru antena ar vidēju virziendarbību, 13 — elektronu plūsmu un Saules uzliesmojumu rentgenspektra analizators, 14 — sakaru antena ar vāju virziendarbību, 15 — Saules baterijas. Vairums zinātnisko instrumentu novietoti cilindroīdā korpusā (diametrs 1,8 m, garums 1,6 m) iekšienē, bet to uztvērējelementi — uz sānu virsmas. (Pēc NASA attēla.)

darbību, 15 — Saules baterijas. Vairums zinātnisko instrumentu novietoti cilindroīdā korpusā (diametrs 1,8 m, garums 1,6 m) iekšienē, bet to uztvērējelementi — uz sānu virsmas. (Pēc NASA attēla.)

Divi dažādas konstrukcijas plazmas analizatori mērīja no komētas nākošo jonu un Saules vēja elektronu, protonu un smagāko atomu kodolu daudzumu, enerģiju un kustības virzienu, par abiem kopā aptverdami enerģiju diapazonu no 5 eV līdz 2,5 keV elektroniem un no 150 eV līdz 10 keV — pozitīvi lādētajām sīkdaliņām. Plazmas viļņu analizators uztvēra elektriskā lauka svārstības 20 Hz—100 kHz diapazonā un magnētiskā lauka svārstības 20 Hz—1 kHz diapazonā, bet šā lauka pastāvīgā komponenta intensitāti un virzienu mērīja magnetometrs. Šie četri instrumenti bija izgatavoti Amerikas Savienotajās Valstīs.

Magnētiskā lauka paātrinātos protonus enerģiju diapazonā no 30 keV līdz 1,3 MeV reģistrēja Anglijā izstrādāts detektoru komplekss, bet radiostarojumu, kuru izraisa šādu un citādu elektriski lādēto daļiņu kustība magnētiskajā laukā, 20 kHz—3 MHz diapazonā uztvēra radioaparātūra, kas bija izveidota Francijā. Lai šiem diezgan garajiem radioviļņiem varētu noteikt ne vien

intensitāti, bet arī pienākšanas virzienu, uztvērējs bija aprīkots ar dipolveida antenu sistēmu, kuras atpletumums sasniedza gandrīz 100 metrus!

No otras puses, sākotnēji pavisam citam mērķim radītajā ICE nebija nedz instrumentu komētas neitrālo gāzu un putekļu analizēšanai, nedz televīzijas kameru un optisko spektrometru tās kodola pēfīšanai no maza attāluma, ar kādiem bija aprīkoti Haleja komētas virzienā raidītie «Vega-1», «Vega-2» un «Giotto». Taču, tā vai citādi, pateicoties šim improvizētajam Džakobīni—Cinnera komētas izpētes pasākumam, mūsu planētas zinātnieki guva iespēju pavisam īsā laika posmā iepazīt agrāk nepieejamās detaļās nevis tikai vienu, bet gan divus šāda veida spīdekļus!

Par konkrētajiem rezultātiem, kas gūti Džakobīni—Cinnera komētas izpētes misijas gaitā, ziņosim vēlāk, kad par tiem būs parādījušās publikācijas zinātniskajā presē.

E. Mūkins

„SKYLAB”, „SPACELAB” — BET KAS TĀLĀK?

Pēdējā pusotra desmita gadu laikā esam jau pieraduši, ka ap Zemi gandrīz vienmēr riņķo kāda Padomju Savienībā palaista orbitālā stacija un ka tā pat biežāk ir apdzīvota nekā tukša. Tāpat mums — vismaz tiem, kas daudz maz interesējas par kosmonautiku, — ir labi zināms, cik noderīgi ir šādi ilgdarbīgi pilotējamie lidaparāti gan Zemes dabas bagātību izpētei no kosmosa, gan izstrādājot tehnoloģiskos pamatus jaunu materiālu un medikamentu ražošanai bezsvara apstākļos, gan citās jomās. Tādēļ dažkārt grūti izprotams šķiet fakts, ka savas orbitālās stacijas nu jau vairāk nekā desmit gadu nav un kādu laiku vēl nebūs otrai galvenajai kosmosa lielvalstij — Amerikas Savienotajām Valstīm. Kā šāda situācija radusies?

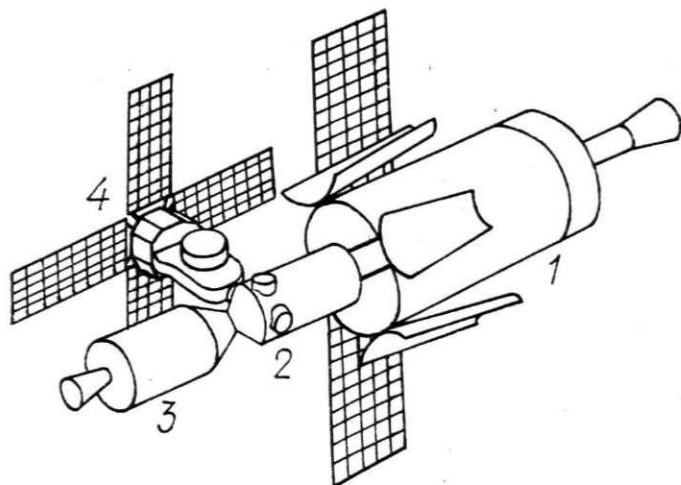
Pie secinājuma, ka ilgdarbīgai orbitālai stacijai būtu liela nozīme gan no kosmosa apgūšanas zinātniskajiem, gan praktiskajiem aspektiem, jau 60. gadu beigās nonāca arī ASV Nacionālā aeronautikas un kosmonautikas pārvalde (NASA). Rezultātā tika izstrādāts projekts stacijai, kuras izveidošanu un ekspluatāciju nodrošinātu programmas «Apollo» izmēģinājumu perioda pārpalikumi — nesējraķetes «Saturn-1B» (celtspēja 18 t) un kosmosa kuģu «Apollo» orbitālie bloki (bez ekspedīcijas blokiem, kādus izmantoja, lai nolaistos uz Mēness).

Saskaņā ar šo projektu, par orbitālās stacijas pamatbloku pēc sava tiešā pienākuma izpildes vajadzēja kļūt minētās nesējraķetes augšējai pakāpei, kura jau uz Zemes būtu pielāgota pārveidošanai par laboratoriju un dzīvojamo telpu (degvielas tvertne iebūvēta režģveida grīda un statņi aparatūras izvietošanai, utt.). Raķetes vienīgā derīgā krava būtu šai pakāpei piemontētais pārejas nodalījums ar vairākiem sakabināšanās mezgliem, kuriem pievienot vēlāk palaisto astronomiskās aparatūras bloku (un varbūt vēl kādu citu) un kur pieslēgties transportkuģiem «Apollo» (1. att.).

Tādējādi ASV pirmo orbitālo staciju bija paredzēts, tāpat kā daudzos mūsdienu projektos, uzbūvēt tieši orbītā no jau gatavām daļām vai «pusfabrikātiem», kas, protams, aizņemtū diezgan lielu daļu apkalpes darba laika. Taču vēlāk, dīlstošā finansējuma dēļ sarūkot pilotējamo Mēness ekspedīciju skaitam, izbrīvējās arī vēl daudz jaudīgākās nesējraķetes «Saturn-5» (celtspēja gandrīz 100 t pat divpakāpju variantā), kuras no šādiem elementiem izveidotu orbitālo staciju varēja pacelt izplatījumā jau gatavu, nemaz nelietojot to sākotnējā raķēpakāpes lomā. Šī iespēja tika izmantota, un 1973. gada maijā tika palaista jau uz Zemes pilnībā iekārtotā orbitālā stacija, ko nosauca par «Skylab» (Debess laboratorija). Tā kļuva par otro šāda veida lidaparātu kosmonautikas vēsturē (pēc pirmā padomju «Salūta»).

Pārorientēšanās uz tik spēcīgu nesējraķeti ļāva palielināt orbitālās stacijas masu līdz 77 t (pēc citiem datiem — 82 t) un aprīkot to ar veselām 14 t zinātniskās aparatūras. Tā ietvēra desmit teleskopus Saules un citu spīdekļu (arī tolaik ļoti populārās Kohouteka komētas) novērojumiem redzamajā gaismā, ultravioletajos un rentgena staros, sešas fotogrāfiskās, televīzijas, spektrometriskās un radiotehniskās iekārtas Zemes izpētei no kosmosa, divas elektriskās krāsnis tehnoloģiskiem eksperimentiem, aparatūru medicīniskiem, bioloģiskiem eksperimentiem utt. Nepilna gada laikā orbitālajā stacijā pabija trīs apkalpes pa trim cilvēkiem katrā, kopumā pavadot tur 171 diennakti (1. tab.). Strādādami gan stacijas iekšienē, gan vairākkārt arī atklātā kosmosā (dažreiz — līdz 7 h bez pārtraukuma), kosmonauti novērsa palaišanas laikā radušos bojājumus un ne vien izpildīja plānoto pētījumu un eksperimentu programmu, bet pat ievērojami pārsniedza to.

No otras puses, tā kā šī orbitālā stacija tika veidota būtībā no vieniem vienīgiem citās kosmiskās programmas (lai arī tik grandiozas kā «Apollo») pārpalikumiem, projektam «Skylab»



1. att. Orbitālā stacija «Skylab» pēc sākotnējā projekta, kurā bija paredzēts to samontēt orbitā ap Zemi: 1 — par dzīvojamo un laboratoriju telpu pārkārtojama nesējraķetes «Saturn-1B» otrā pakāpe, 2 — tai pierīkotais pārejas nodalījums ar pieciem sakabināšanās mezgliem, 3 — kosmosa kuģis «Apollo», 4 — astronomisko instrumentu bloks. (Pēc NASA attēliem.)

acīmredzami trūka tālākās attīstības perspektīvu. Tiesa, nelielas modifikācijas stacijas konstrukcijā būtu jāvušas to ekspluatēt kādu laiku ilgāk, papildu apkalpes un kravas nogādājot orbitā ar vēl atlikušajiem kosmosa kuģiem «Apollo» un nesējraķetēm «Saturn-1B». Taču programma «Skylab» jau no paša sākuma bija formulēta kā ierobežota (lai arī nebūt ne maza) apjoma un ilguma pasākums, nevis kā jauna amerikāņu kosmonautikas attīstības pamatvirziena aizsākums. Bet vēlāk ASV, ko stipri ietekmēja pilotējamo Mēness ekspedīciju ļoti augstās izmaksas, nolēma, cik vien ātri iespējams, vispār atteikties no vienas vienīgam lidojumam

izmantojamas kosmiskās tehnikas — arī no nesējraķetēm «Saturn» un kosmosa kuģiem «Apollo».

Tādēļ par pašu galveno uzdevumu septiņdesmito gadu ASV kosmonautikā kļuva radīt daudzkārt izmantojamu lidaparātu, kurš vienlaikus pildītu gan lielaudas nesējraķetes (celtspēja — 30 t), gan pilotējama kosmosa kuģa (apkalpe — 7 cilvēki) funkcijas, — kosmoplānu «Space Shuttle». Kā liecina jau šī lidmašīnas, raķetes un kosmosa kuģa hibrīda nosaukums (Kosmiskā atspole), tam jākalpo par transportlīdzekli intensīviem pārvadājumiem pa trasēm «Zeme—orbitā» un «orbitā—Zeme», taču ne-

1. tabula

Apkalpju lidojumi uz pilotējamo orbitālo staciju «Skylab»

Lidojuma apzīmējums*	Starta datums	Nolaišanās datums	Lidojuma ilgums	Apkalpes locekļu skaits, valsts	Darba seans atklātā kosmosā	
					skaits	kopilgums
SL-2	25.05.73	22.06.73	28d01h	3 ASV	3	5h51m**
SL-3	28.07.73	26.09.73	59d11h	3 ASV	3	13h51m
SL-4	16.11.73	08.02.74	84d01h	3 ASV	4	22h20m

* SL (Skylab launch) — ar «Skylab» saistīts starts; SL-1 — pašas orbitālās stacijas palaišana (14.05.73).

** Neieskaitot pavisam īslaicīgo pirmo, kurā piedalījās tikai viens kosmonauts (visos pārējos — divi).

«Skylab» un «Spacelab» galvenie raksturlielumi

Raksturlielums, mērvienība	Skylab	Spacelab
Pilnā masa orbītā (bez transportkuģa), t	77	līdz 15
Hermetizēto telpu tilpums (tāpat), m ³	350	līdz 80*
Zinātniskās aparatūras masa, t	14	līdz 9 ¹ / ₃
Orbītas vidējais augstums, km	430	200—500
Orbītas slīpums pret ekvatoru, grādi	50	28 ¹ / ₂ —57

* Neierēķinot kosmoplāna kabīnes tilpumu (pāri par 70 m³).

būt ne par orbitālās stacijas ekvivalentu vai aizvietotāju. Tas gan nenozīmēja, ka orbitālās stacijas būtu pēkšņi atzītas par nevajadzīgām, tieši otrādi, «Skylab» ekspluatācija bija vēl vairāk pārliecinājusi amerikāņu kosmonautikas un citu nozaru speciālistus par šādu ilgdarbīgu pilotējamo lidaparātu noderīgumu. Taču dabūt no ASV administrācijas un kongresa līdzekļus vienlaikus divu vērienīgu kosmisko projektu īstenošanai nebija reāli, tādēļ NASA deva priekšroku jaunā transportlīdzekļa radīšanai (kurš, starp citu, vēlāk varētu efektīvi kalpot arī pastāvīgas orbitālās stacijas būvei un ekspluatācijai).

Lai tomēr varētu veikt kosmosā vērienīgus eksperimentus ar cilvēku līdzdalību, tika izvirzīts priekšlikums izveidot tikai kosmoplāna kravas telpā funkcionējošu, no tā bortsistēmām atkarīgu orbitālo laboratoriju, ko izdarīt, protams, būtu daudz vienkāršāk un lētāk nekā radīt patstāvīgu orbitālo staciju. Šādas laboratorijas nepārtraukta lidojuma ilgums, vismaz kosmoplāna ekspluatācijas pirmajos gados, būtu tikai 7—10 diennaktis, tādēļ dažkārt vienu un to pašu aparāturu nāktos vest augšup vairākas reizes, bet dažu paveidu eksperimenti (pirmām kārtām medicīniskie un bioloģiskie) tik īsos laika sprīžos vispār nebūtu realizējami. No otras puses, pastāvīga atrašanās kosmoplāna kravas telpā nodrošinātu laboratorijai atgriešanos uz Zemes un līdz ar to — daudzkārtēju izmantošanu simtiem diennakšu kopīgumā, ik lidojumā pēc patikas atjauninot zinātnisko aparāturu.

Uzbūvēt šādu orbitālās stacijas pagaidu aizstājēju, ko nosauca par «Spacelab» (Kosmiskā laboratorija), 1975. gadā uzmēmas tikko nodibinātā Eiropas kosmonautikas pārvalde (ESA), kuras ietvaros bija nolēmusas sadarboties Francija, VFR (vadošā šajā projektā) un citas Rietumeiropas valstis. Saskaņā ar NASA un ESA savstarpējo nolīgumu, pēc «Spacelab» pirmā lidojuma, kas notiktu galvenokārt ESA interesēs un ar tās kosmonauta līdzdalību, šim laboratorijas eksemplāram bez kādas atlīdzības jāpāriet ASV īpašumā un tikai nākamie viens vai divi eksemplāri tiktu tām pārdoti par pilnu samaksu. Rietumeiropas valstu vēlēšanās aktīvi iesaistīties pilotējamās kosmiskajās lido-

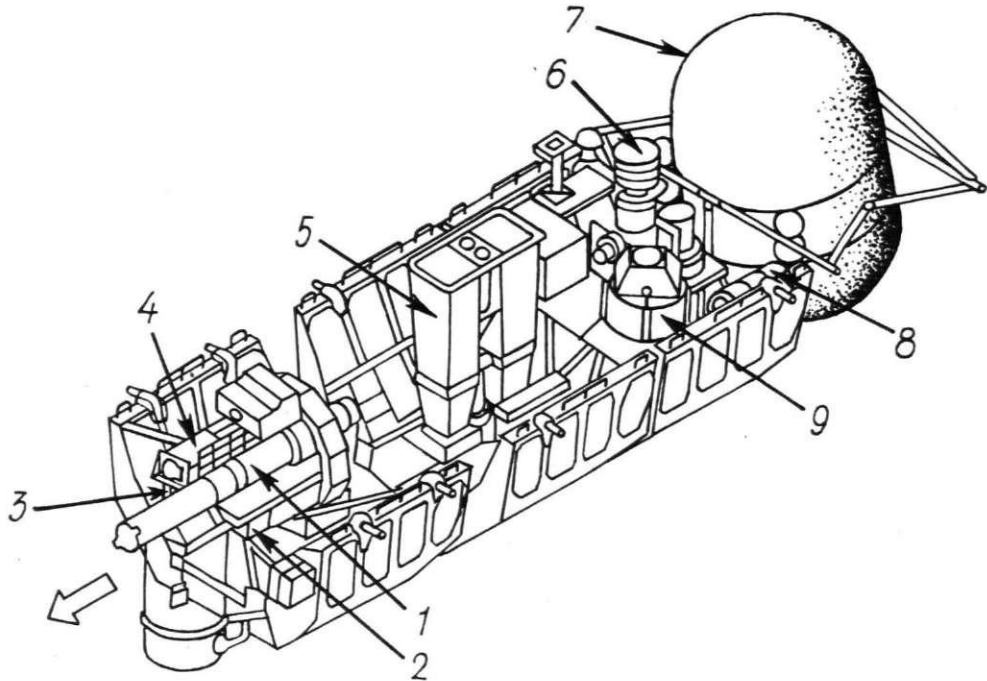
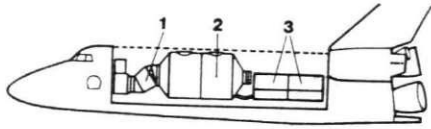
jumos un apgūt tiem nepieciešamo tehnoloģiju bija tik liela, ka tās piekrita būtībā stipri nevienlīdzīgajiem noteikumiem.

Apdzīvojamā orbitālā laboratorija «Spacelab» tika izveidota kā standarta bloku — divējāda lieluma hermētisko kabīņu un viena lieluma atklāto platformu — komplekts. Atbilstoši lidojuma uzdevumiem, no tiem var izveidot dažādas konfigurācijas (2. att.) ar maksimālo masu 15 t (kosmoplāna kravasība atceļā uz Zemi): tikai kabīne, tikai platformas vai kabīne un platformas. Abu veidu bloki konstruēti tā, lai zinātnisko ekipējumu varētu nomainīt ar pilnīgi jaunu maksimāli īsā laikā.*

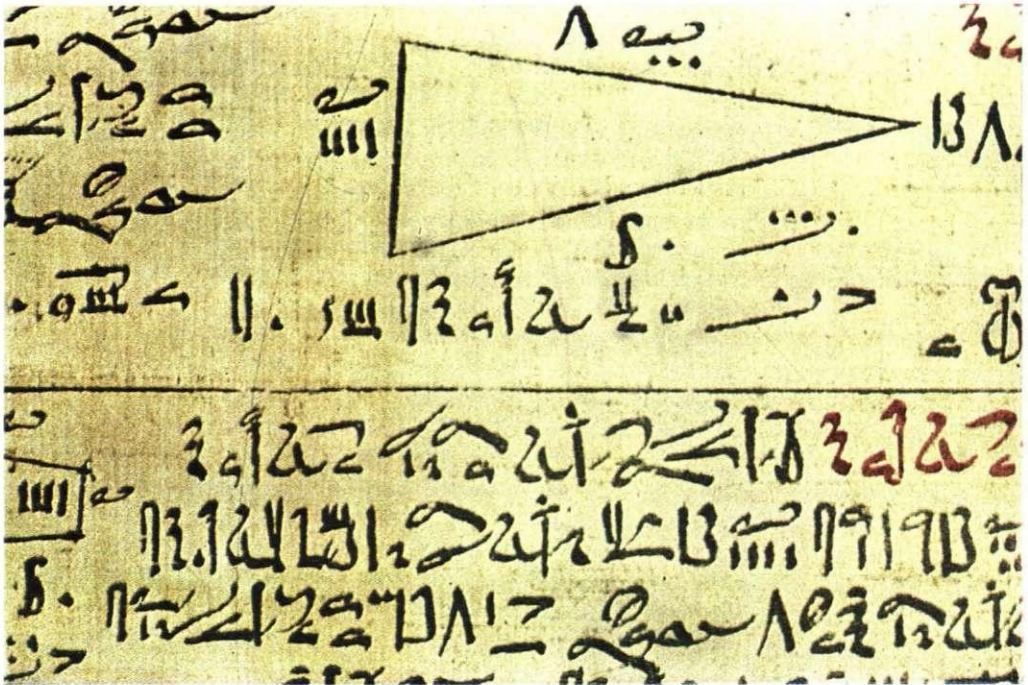
No 1983. gada novembra, kad notika «Spacelab» pirmais lidojums, līdz 1985. gada decembrim laboratorijas pirmais un otrais eksemplārs pabijusi izplatījumā pavisam četras reizes (3. tab.).

Lai gan bija pilnīgi skaidrs, ka agrāk vai vēlāk «Spacelab» būs jānomaina ar pilnvērtīgu orbitālo staciju, ilgāku laiku šajā jomā abpus Atlantijas okeāna valdīja nenoteiktība.

* Par «Spacelab» konstrukciju un ekspluatācijas īpašībām sīkāk sk. Mūkins E. Rietumeiropa un pilotējamie kosmiskie lidojumi. — Zvaigžņotā Debess, 1984. gada rudens, 38.—42. lpp.



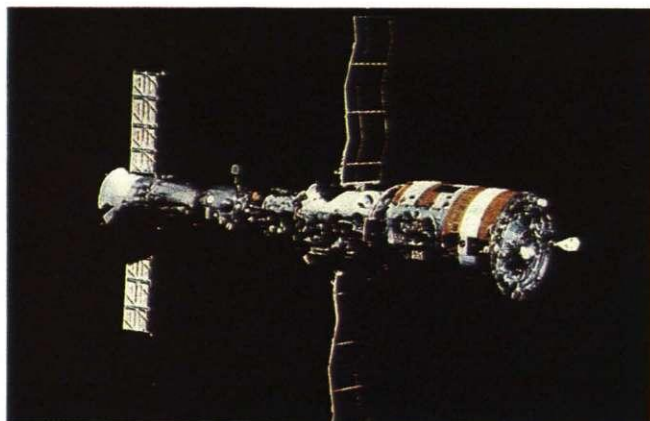
2. att. Orbitālā laboratorija «Spacelab». Augšā — laboratorijas galvenās sastāvdaļas un to virknējums kosmoplāna «Space Shuttle» kravas telpā (viens no iespējamajiem variantiem): 1 — savienotājtunelis ar kosmoplānu, 2 — liela hermētiskā kabīne, 3 — atklātās platformas (divas vienā blokā). Apakšā — laboratorija konfigurācijā «tris atklātās platformas» ar ASV un Anglijā izstrādātu aparāturu astronomiskajiem novērojumiem, kosmisko staru izpētei un jonosfēras zondēšanai (lidojumā, kas notika 1985. gada vasarā): 1 — Saules ultravioletā starojuma teleskops ar augstas izšķirtspējas spektrogrāfu, 2 — Saules ultravioletā starojuma spektroradiometrs, 3 — Saules koronas hēlija satura analizators, 4 — Saules hromosfēras magnetogrāfs-spidogrāfs (visi — uz VFR būvētas autonomi notēmējamas instrumentu platformas), 5 — attēlus reģistrējošs cietā rentgenstarojuma teleskops, 6 — ar šķidru hēliju dzesējams infrasarkanais teleskops, 7 — augstas enerģijas kosmisko staru analizators, 8 — iekārta superplūstošā šķidrā hēlija īpašību izpētei bezsvara apstākļos, 9 — no laboratorijas atdalāms instrumentu bloks jonosfēras plazmas zondēšanai (palaižams brīvā lidojumā un atkal satverams ar kosmoplāna manipulatoru). (Pēc NASA un ESA attēliem.)



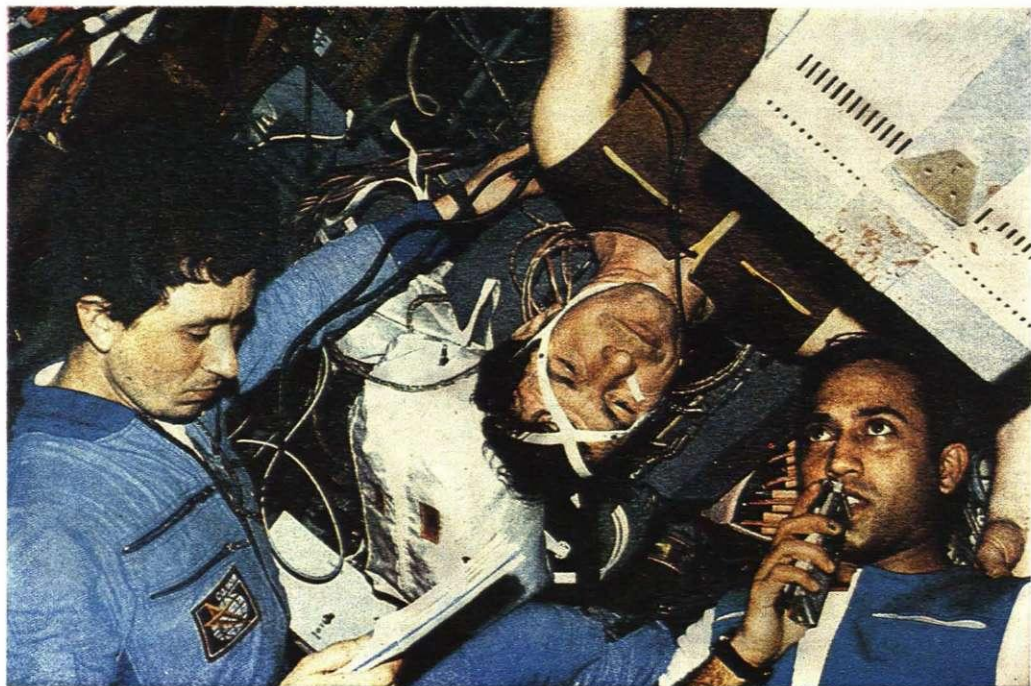
Senēģiptiešu t. s. Rinda papirusa (sastādīts ap 1500.—2000. g. p. m. ē.) fragments, kurā doti teksti un atrisinājumi diviem uzdevumiem par dažādas formas zemes gabalu (trijstūra un trapeces) laukumu aprēķināšanu. Attēla augšā pie trijstūra malām redzami skaitļi 4 (III) un 10 (Δ). (Sk. rakstu «Naturālo skaitļu nosaukumi pasaules tautu valodās».)



Zikurāts Ūrā (ap 2150.—2050. g. p. m. ē.). (Sk. rakstu «Babiloniešu senākie Haleja komētas novērojumi».)



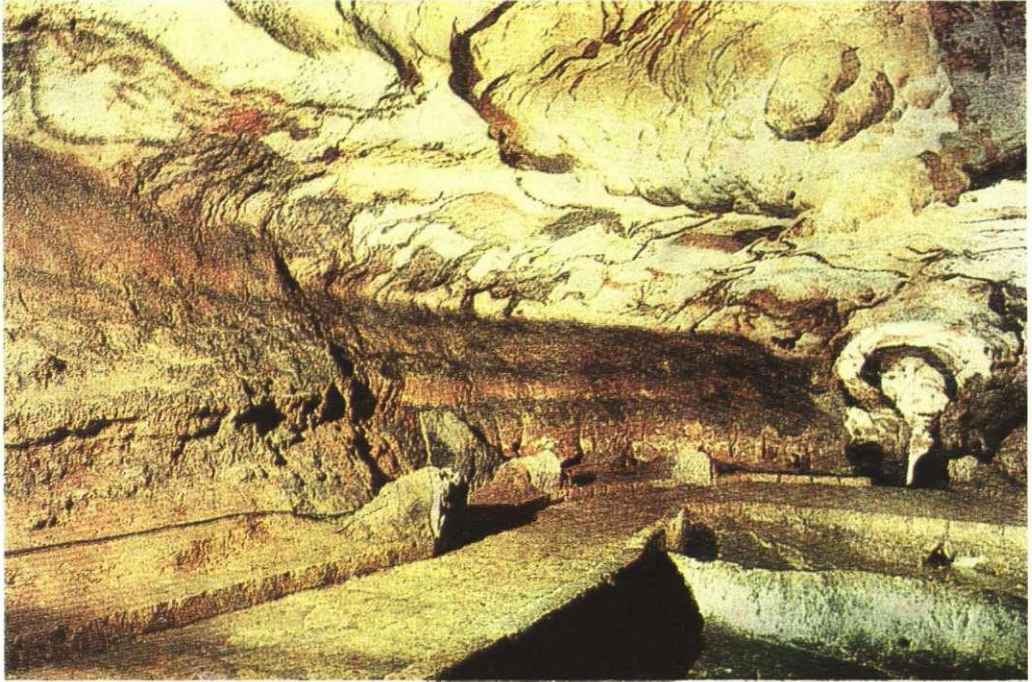
Padomju orbitālā stacija «Salūts-7» kopā ar transportkuģi «Sojuz T-5» 1982. gadā. (Pēc «Наука и человекство 1985».)



Padomju un indiešu apkalpe orbitālajā stacijā «Salūts-7» 1984. gadā. (Pēc «СССР—Индия. На космических орбитах».)



Amerikāņu orbitālā stacija «Skylab» pēc pēdējās apkalpes aizlidošanas, t. i., bez transportkuģa «Apollo», 1974. gadā. Priekšplānā — astronomisko instrumentu bloks ar četriem krustveidā novietotiem Saules bateriju paneļiem, pa labi — galvenais jeb laboratoriju bloks ar vienu Saules bateriju paneli (augšā) un diviem improvizētiem siltumaizsardzības ekrāniem (priekšā), pa kreisi — sakabināšanās mezglu bloks. *NASA attēls.* (Sk. rakstu ««Skylab», «Spacelab» — bet kas tālāk?».)



«Lielā vērša» halle Lasko alā Dienvidfrancijā.



Leduslaikmeta zvaigžņu karte — sienas gleznojums Lasko alā. (Sk. H. Eisaļu rakstu.)

Apdzīvojamās orbitālās laboratorijas «Spacelab» lidojumi (līdz 1985. gada beigām)

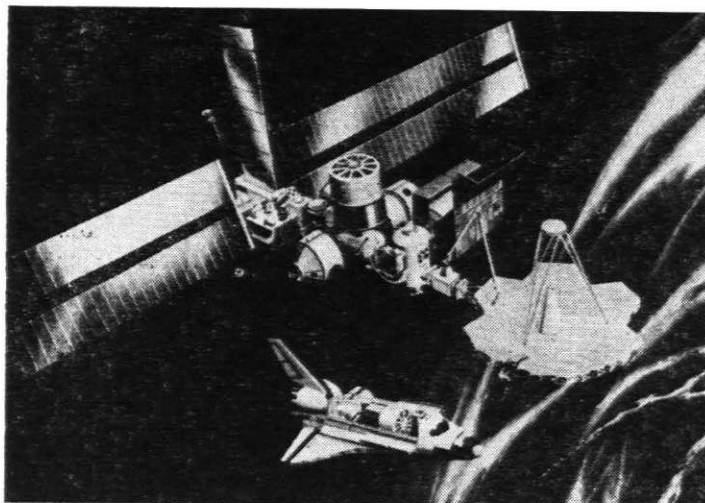
Lidojuma nosaukums, kosmoplāna nosaukums	Lidojuma pasūtītājs	Starta un nolaišanās datums	Lidojuma ilgums, d	Apkalpes locekļu skaits, valsts	Laborat. eksemplārs	Laboratorijas konfigurācija	Galvenie zinātnisko un lietiško pētījumu virzieni
Spacelab-1 (Columbia)	ESA, NASA	28.11.83 09.12.83	10 $\frac{1}{3}$	5 ASV 1 VFR	1.	lielā kabīne + 1 atkl. platf.	Zemes, atmosf. un kosm. telpas izpēte; astron. novēroj.; med., biol. un tehnol. eksperimenti
Spacelab-3 (Challenger)	NASA	29.04.85 06.05.85	7	7 ASV	1.	lielā kabīne	Tehnol., med. un biol. eksperimenti; Zemes izpēte
Spacelab-2 (Challenger)	NASA	29.07.85 06.08.85	8	7 ASV	2.	1+2 atklātās platformas	Astron. novēroj.; kosm. staru izpēte; jonosf. zondēšana
Spacelab D-1 (Challenger)	VFR	30.10.85 06.11.85	7	5 ASV 2 VFR 1 Holande	1.	lielā kabīne	Tehnol. eksperimenti; med. un biol. eksperimenti

Proti, ASV administrācija vilcinājās sākt attiecīgā pasākuma finansēšanu, bet Rietumeiropa, savukārt, nevēlējās izšķirties par turpmāko rīcību, nesagaidījusi amerikāņu lēmumu un neizvērtējusi to no savas iespējamās līdzdalības viedokļa. Katrā ziņā Rietumeiropas valstis bija noskaņotas sadarboties ar ASV šajā pasākumā tikai tad, ja, pirmkārt, būs stingri garantēta līdztiesība stacijas un ar to iegūstamo labumu izmantošanā un, otrkārt, ja šā pasākuma īstenošanā netiks pieaicināts Pentagons. (Pēdējai prasībai gan bija ne tik daudz politisks, cik utilitārs raksturs: Rietumeiropas valstis baidījās, ka ar militārajiem darbiem saistītā slepenība varētu būt iemesls vai iegansts tādiem ierobežojumiem stacijas resursu izmantošanā un iegūstamās informācijas pieejamībā, kuri līdztiesību šajā jomā padarītu par fikciju.)

Tagad situācija noskaidrojusies — amerikāņu projekts «Space Station» (Kosmiskā stacija), kurš paredz lielas pastāvīgās orbitālās stacijas radīšanu (3. att.), oficiāli apstiprināts par ASV civilās kosmiskās programmas svarīgāko pasākumu

tuvākajai desmitgadei. Šo kosmisko kompleksu paredzēts izvērst apmēram 500 km augstā un 28,5° slīpā orbītā, sastāvdaļas un to montētājus (vēlāk — arī kārtējās apkalpes un kravas) nogādājot augšup ar «Space Shuttle» tipa kosmoplāniem, un ekspluatēt galvenokārt uz komerciāliem pamatiem.

«Space Station» pēc tai paredzētajiem uzdevumiem tikai daļēji atbilst tagad pastāvošajam priekšstatam par tipisku orbitālo staciju. Pirmkārt, tā neveiks Zemes novērošanu no kosmosa, vienalga, dabas resursu izziņāšanas, gaidāmā laika pareģošanas vai militārās izlūkošanas nolūkā, — to visu atzīts par lietderīgāku atstāt bezpilota pavadoņu vai kosmisko platformu darbības sfērā. (Cieši saistīta ar šādu lēmumu ir arī orbītas izvēle: tā dos iespēju skatīt Zemes virsmu praktiski tikai līdz 40. ziemeļu un dienvidu platuma grādam, toties nodrošinās minimālu degvielas patēriņu, dodoties uz staciju no kosmodroma Kanaveralas ragā.) Otrkārt, «Space Station» būs jārisina pilnīgi jauns tehnisko uzdevumu komplekss, proti, jānodrošina starp-



3. att. Amerikāņu pastāvīgā orbitālā stacija «Space Station» pēc kāda no provizoriskajiem projektiem (ar submilimetra diapazona teleskopu 20 m diametrā). (NASA attēls.)

planētu lidaparātu un dažu uz augstākām orbītām nosūtāmu pavadoņu samontēšana un pirmslidojuma pārbaude, jākalpo par apgādes, tehniskās apkopes un remonta bāzi zemās orbītās ievadītiem pavadoņiem un kosmiskajām platformām.

No «klasiskajiem» orbitālo staciju uzdevumiem projektā «Space Station» dominē pusvadītāju un citu materiālu, dažādu specifisku izstrādājumu, medikamentu un citu bioloģiski aktīvo vielu iegūšana — nu jau rūpnieciskā mērogā. (Šā virziena akcentējums uzskatāmi atspoguļojas arī stacijas ārējā veidolā: tā kā materiālu kausēšanai vajadzīgs daudz elektroenerģijas, šī objekta vizuāli uzkrītošākā sastāvdaļa ir milzīgie Saules bateriju paneļi.) Paredzēts arī veikt medicīniskus un bioloģiskus pētījumus, astronomiskus novērojumus un tā tālāk.

Tā kā daļai minēto darbu kaitē kosmiskā aparāta šatricinājumi, kuras rada cilvēku kustība, lielu mehānismu darbība un citi faktori, līdztekus apdzīvojamajai stacijai orbitālajā kompleksā «Space Station» paredzētas arī autonomas bezpilota platformas. Tās lidos pa tādu pašu orbītu dažu desmitu vai simtu kilometru attālumā no stacijas un laiku pa laikam,

izmantojot savas dzinējiekārtas, tuvosies un pietās tai, lai būtu iespējams apmainīt iegūto zinātnisko un rūpniecisko produkciju pret jauniem izejmateriāliem un veikt tehnisko apkopi, uzpildīt degvielu un tamlīdzīgi.

Projekta «Space Station» īstenošanā pēc NASA uzaicinājuma piedalīsies arī Rietumeiropa, Japāna un Kanāda. Taču ESA, vēlēdamās ar laiku panākt neatkarību no ASV šajā svarīgajā kosmonautikas nozarē, nolēmusi izveidot apdzīvojamu kosmisko aparātu «Columbus» (Kolumbs), kurš sākumā gan būtu «Space Station» sastāvdaļa, bet vēlāk kļūtu par pamatu Rietumeiropas pilotējamai orbitālajai stacijai. Tā komponentu (un arī citu lielu kravu) palaišanai, saskaņā ar šo plānu, jāizstrādā nesējraķete ar 16 t celtspēju, bet apgādes operāciju nodrošināšanai Francija likusi priekšā radīt nelielu daudzkārt izmantojamu kosmoplānu (ar 4 cilvēku apkalpi un 4 t celtspēju).

«Space Station» pirmo kārtu, kuras masa būtu kādas 70 t un apkalpē ietilptu 6—8 cilvēki, iecerēts nodot ekspluatācijā 1992. gadā, bet «Columbus» varētu sākt darboties patstāvīgas orbitālās stacijas režīmā ap 2000. gadu.

E. Mūkins



LEDUSLAIKMETA ZVAIGŽŅU KARTE

HEINO
ELSALU

Folklorā liecina, ka cilvēki pazinusi dažus zvaigznājus jau leduslaikmetā.¹ Jādama, ka folkloras radītāji varēja attēlot šos zvaigznājus arī grafiskā veidā. Simtiem klinšu gleznojumu jeb petroglifu apliecina leduslaikmeta cilvēku zīmēšanas tieksmi un prasmi. Autors klinšu gleznojumu astronomiskajā aspektā pirmoreiz tika interpretējis 14. Baltijas zinātņu vēstures konferencē, kas notika 1985. gada 25.—28. februārī Rīgā un Jūrmalā. Tagad par šo jautājumu sniegts plašāks raksts.

Ievērojami Lasko alas paleolīta laikmeta klinšu gleznojumi Dienvidfrancijā attēlo medību ainu ar lauvas un vērsi (sk. krāsu ielikumu). Starp abiem dzīvniekiem atrodas kāds vīrs ar izstieptām rokām un augšup lidojošs putns. Arheologu klasiskajā traktējumā šī aina nosaukta — «Man in a bird's-head mask attacked by a wounded bison» (Putna galvasmaskā tērtam vīram uzbrūk ievainots bizons).² Šādam skaidrojumam pamatu acimredzot devušas vairākas īsas svītrīņas, kas it kā attēlo vērsa ķermenī iedurtus šķēpus.

Klasiskā interpretācija ir neapmierinoša tajā ziņā, ka tā neņem vērā ne lauvas lomu, ne arī vairākas raksturīgas punktu grupas, kuras šajā klinšu gleznojumā attēlotas. Arheologu priekšstatos atsevišķās punktu grupas neiekļauj kopējā medību ainā, tāpēc tās tiek uzskatītas par maģiskām zīmēm, kurām kaut cik izprotams skaidrojums netiek dots.

Klinšu gleznojums ir izskaidrojams astronomiski, ja pieņem, ka lauvas un vērsis atspo-

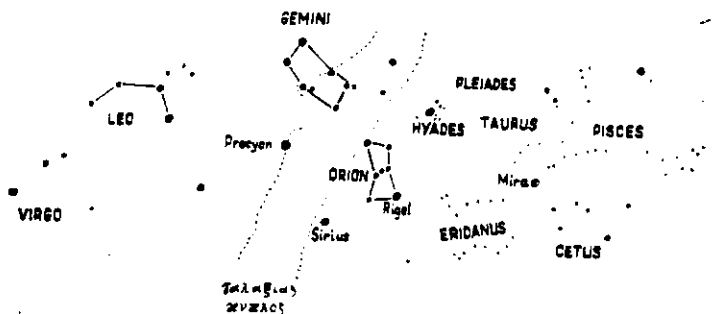
guļo labi pazīstamos zvaigznājus. Starp šiem diviem zvaigznājiem atrodas raksturīgās Dviņu un Oriona zvaigžņu grupas. Vai tās ietvertas klinšu gleznojumā? Patiešām, tur redzams, ka Dviņu zvaigznājs attēlots ar trim punktu pāriem un Orions ir jau minētais vīrs — mednieks. Starp Dviņiem un Orionu atrodas Piena Ceļš. Klinšu gleznojumā to reprezentē augšup lidojošais putns, aiz kura stiepjas taisna līnija. Piena cilvēkiem kļūst plašāk pieejams, attīstoties lopkopībai, tāpēc nosaukums «Piena Ceļš» leduslaikmetā vēl nebūs bijis pazīstams. Austrumeiropas un Sibīrijas tautas Piena Ceļu saukušas par Putnu Ceļu.³ Gleznojumā attēlotā līnija, pa kuru lido putns, tāpēc identificējama kā Piena Ceļš.

Lasko alas klinšu gleznojums pēc satura un lieluma atspoguļo zodiaka panorāmu. Tā samēri pilnībā atbilst patiesajai zvaigžņu kartei.

¹ Elsalu H. Eiropas paleoastronomijas izpēte starpzinātņu skatījumā. — Zvaigžņotā Debess, 1984. gada vasara, 56. lpp.

² Lommel A. Prehistoric and primitive man. New York and Toronto, 1966, p. 27.

³ Mikkola J. J. Vecākie sakari somu un baltu valodu starpā. — Izglītības Ministrijas Mēnešraksts, 1930, II, 436.—446. lpp.; sk. arī: Kalimas J. Besprechung in finnisch-ugrischen Forschungen. 1934, Bd. 22, Anzeiger, S. 1—6.



Zodiaka apgabals ar Zivju, Vērša, Dviņu, Lauvas un Jaunavas zvaigznājiem. Starp Dviņu un Oriona zvaigznājiem attēlots Piena jeb Putnu Ceļš.

Sīkākas zvaigžņu kartes detaļas uzrāda vērsa «anatomija». Apkārt vērsa acij redzama punktu kopa. Šie punkti it kā attēlo ievainotā vērsa asaras. Bet tos var interpretēt arī kā lietuszvaigznes — Hiādes, kuras sākotnēji varbūt sauktas par asaru zvaigznēm. Katrā ziņā vērsa ragi uzrāda precīzu šīs zvaigžņu kopas stāvokli. Var pieņemt, ka Plejādes gleznojumā attēlotas ar punktiem uz vērsa pakauša spalvām. Iespējais attēls gan nelauj to ar pilnu drošību apgalvot. Iedomātais šķēps, kas kā lauza līnija iet caur vērsa vēderu vai, vēl ticamāk, — zem vēdera, domājams, attēlo Ēridanas upes krastu. Par labu šādam apgalvojumam it kā liecina līnijas pagriešanās, jo arī zvaigžņu kartē Ēridana pagriežas mainzvaigznes Cetus Mira tuvumā.

Izmantojot šos Lasko alas klinšu gleznojuma elementus, ar pietiekamu ticamību var izvērtēt varbūtību, ka leduslaikmeta zīmējumu sakritība ar zodiaka zvaigžņu karti nav nejauša. Ja par vienādi varbūtiskiem uzskata apgalvojumu, ka šie zīmējumi attēlo noteiktus zvaigznājus, un apgalvojumu, ka tā nav, tad iespējams aprēķināt visu nejaušo elementu vienlaicīgas sakritības varbūtību. Tā kā klinšu gleznojumā identificēti septiņi astronomiskie elementi — Lauva, Dviņi, Piena Ceļš, Orions, Vērsis, Lietuszvaigznes un Ēridana, tad leduslaikmeta zīmējumu sakrišanas varbūtība ar zodiaka zvaigžņu karti izteicama kā 0,57, resp., meklētās varbūtības lielums ir 0.01.

Ja mūsdienīgu zvaigžņu karti (sk. att.) uzliktu uz leduslaikmeta zvaigznāju attēliem, tad tā jāpagriež vairāk nekā par 40°, lai ģeo-

metriski pareizi tiktu orientēti raksturīgie Dviņu, Oriona zvaigznāji un Piena Ceļš. Vienkārši izsakoties, tas nozīmē, ka Lasko alas klinšu gleznojumu rašanās laikā Piena Ceļš kulminējis gandrīz stāvus (pieņemot, ka gleznojuma vidusdaļā attēlotais Piena Ceļš zīmēts kā kulminējošs). Piena Ceļam šāda kulminācijas iespēja bija pirms 18—22 tūkstošiem gadu, kad Piena Ceļa rajonā atradās debess pols. Klinšu gleznojumu vecuma astronomiskais datējums dod lielāku vērtību nekā arheologu noteiktais (pirms 12—17 tūkst. gadu). Arī tas, ka klinšu gleznojumos nav Jaunavas un Vēža zvaigznāju, netieši norāda uz lielāku vecumu, nekā vērtē arheologi.⁴

Raksturīgi, ka Dviņu zvaigznājs, kā jau minēts, gleznojumā iezīmēts ar punktiem, nevis ar piktogrāfisku attēlu. Vispār tiek uzskatīts, ka Dviņu izpratne ir saistīta ar kaut kādu savienošānās tradīciju. Latviešu folklorā to izteic auglības kulta simboliskais tēls — Jumis.⁵ Šajā sakarā jāizvirza jautājums — vai Jumis vispār astronomiski saistāms ar Dviņu zvaigznāju?

Lasko alas klinšu gleznojumu astronomiskā izpēte dod jaunas atziņas par agrīnajiem astronomiskajiem priekšstatiem un bagātina paleoastronomiju.

⁴ Konceptiju par zodiaka zvaigznāju izcelsmes hronoloģiju autors izstrādājis grāmatā: Ajastult ajastule (No laikmeta laikmetā). Tallinn, 1985.

⁵ Oinas F. J. Kalevipoeg kütkeis. — Studia Estonica, Fennica, Baltica, 1979, vol. 1, 147—152 lk.

BABILONIEŠU SENĀKIE HALEJA KOMĒTAS NOVĒROJUMI

JĀNIS
KLĒTNIKS

Atšifrējot babiloniešu ķīlraksta māla plāksnītes Britu muzejā Londonā, angļu zinātnieki nesēn atklājuši, ka babiloniešu astronomi novērojuši Haleja komētu jau 164. un 87. gadā pirms mūsu ēras. Tie jau ir pietiekami precīzi astronomiskie novērojumi, kas ļaus rekonstruēt Haleja komētas orbitālo kustību pirms vairāk nekā divtūkstoš gadiem.

NO SENĀKAJIEM ASTRONOMIJAS AVOTIEM

Pēdējos gadu desmitos cilvēces kultūras vēsturē aizvien pilnīgāk ienāk babiloniešu astronomija. Pateicoties ķīlraksta astronomisko tekstu publicējumiem¹, astronomiem tagad pieejamāki kļuvuši senie rakstiskie avoti, kas satur ziņas par astronomijas pirmsākumiem.

Pasaules lielākajos muzejos glabājas ap pusmiljona ķīlraksta māla plāksnīšu fragmentu. Viena no bagātīgākajām kolekcijām atrodas Britu muzejā Londonā. Ķīlraksta māla plāksnītes nāk no Senās Mezopotāmijas pilsētu drupām, kur tās atraduši arheologi. Ļoti bagāts ķīlraksta māla plāksnīšu klāsts, ap 40 000 fragmentu, atrasts asīriešu valdnieka Ašurbanipala (669. g. — ap 633. g. p. m. ē.) pils bibliotēkas drupās Ninivē, kur tās pagājušā gadsimta beigās atklāja Džona Petersa vadītā Pensilvānijas universitātes arheoloģiskā ekspedīcija. Atrastie ķīlraksta plāksnīšu fragmenti, no kuriem daļa ir stipri bojāti, atklāj bagātīgu ieskatu seno Priekšāzijas tautu kultūrā. Seit atrasti fragmenti no senākā literārā darba — poēmas par Gilgamešu, dažādi reliģiska rakstura teksti, ārstnieciskas pamācības un citi. Liels skaits jaunāka perioda (4. gs. p. m. ē. — m. ē. 1. gs.) ķīlraksta plāksnīšu atrastas Babilonas

drupās. Daļa plāksnīšu ir dažādi savrupatrādumi.

Astronomija Mezopotāmijā nepārtraukti attīstījusies, sākot ar Babilonijas valsts senāko periodu (19. gs. p. m. ē.). Tomēr astronomijai, tāpat kā visai babiloniešu kultūrai, var atrast daudz vecākas izcelsmes saknes. Babiloniešu astronomija izveidojusies uz šumeru astronomisko priekšstatu bāzes. Sumeri bija ķīlraksta izgudrotāji (4. g. t. p. m. ē.). Babilonieši un asīrieši pārņēma šumeru piktogrāfiskās rakstu zīmes un piemēroja tās savai akadiešu valodai, kas piederēja pie semītu valodu saimes. Astronomisko terminu veidošanai akadiešu valodā izmantoti vienzilbigie šumeru nosaukumi. Piemēram, Svaru zvaigznāju akadiešu valodā sauc par zibanītu. Šis vārds sastāv no atsevišķām šumeru fonēmām: «zi» — dvēsele, «ba» — dāvināt utt. No šumeriem babilonieši pārņēma arī skaitļu rakstību (2. att.). Ciparus 1—9 apzīmēja ar noteiktu ķīlveida bedrišu skaitu. Skaitlis 10 apzīmēts ar ideogrammu, kas it kā izteic divu plaukstu savienojumu. Šo ķīlveida bedrišu un skaitļa 10 ideogrammas kombinācija devusi aizsākumu decimāldaļskaitļiem.²

Senās Babilonijas reliģijā un saimnieciskajā dzīvē debess spīdekļiem bija liela loma. Spozākie spīdekļi — Saule, Mēness, planētas un zvaigznes — tika nosaukti debess dievību vārdos. Pēc valdnieka pavēles debess spīdekļus novēroja priesteri — astronomi no pakāpienveida tempļu — zikurātu augšējām platformām. Zikurātu, šo seno observatoriju, drupas

¹ Sachs A. J. Late Babylonian astronomical and related texts, copied by T. G. Pinches and J. G. Strassmaier. Brown University Press, Providence, 1955; sk. arī: Neugebauer O. Astronomical Cuneiform Texts. Lund Humphreys, London, 1955.

² Нейгебауер О. Точные науки в древности. М., 1968, с. 30—38.



1. att. Babiloniešu valdnieks cildina Saules dievu Šamašu. Neapdedzināta māla cilnis no Siparas.

arheologi atklājuši vairākās Mezopotāmijas senajās pilsētās — Ūrā, Urukā, Nipurā. Raksturīgi, ka visi astronomiskie novērojumi tikuši pierakstīti ķīlrakstā uz nesazuvuša māla plāksnītēm. Tajā laikā tā nerikojās neviena cita tauta. Gadsimtu gaitā babiloniešu priesteri tāpēc uzkrāja lielu skaitu dažādu debess spīdekļu novērojumu, kas ļāva paplašināt astronomiskos priekšstatus un izveidot pirmās zinātniskās teorijas.

Vecākie babiloniešu astronomiskie teksti galvenokārt nāk no Ašurbanipala pils bibliotēkas drupām Ninivē. Astronomijā šie teksti nosacīti nosaukti par «mul APIN», pēc ķīlraksta kāda teksta sākuma vārdiem.³ «Mul APIN» teksti atspoguļo astronomiskās zināšanas, kādas bija Mezopotāmijā pirms 7. gs. p. m. ē., jo Ninivi 612. g. p. m. ē. izpostīja mēdiešu ciltis, kas Asīrijā iebruka no Centrālās Irānas. Tas bija Asīrijas valsts varas norieta laiks.

«Mul APIN» tekstu izcelsmi datē vismaz ar 2. g. t. p. m. ē. beigām, tomēr tur ir minēti arī senākas cilmes astronomiskie priekšstati.

³ Waerden B. L., van der. *Erwachende Wissenschaft*. Basel, Stuttgart, 1968, Bd. 2, S. 64.

Pildidami savu valdnieku rīkojumus, asīriešu rakstveži pārrakstīja arī senākās ķīlraksta plāksnītes, dažkārt gan tekstus nedaudz pārveidojot. Par zvaigznēm, to lēktu un rietu, zvaigznāju iedalījumu «mul APIN» teksti sniedz izsmeltošas ziņas. Debess bija iedalīta trīs apgabalos, kas nosaukti dievu vārdos par Enlil, Anu un Ea (4. att.). Anu bija ekvatoriālais apgabals, tas ietvēra 34° platu joslu ($-17^{\circ} \leq \delta \leq +17^{\circ}$). Apgabalu ziemeļos no ekvatoriālās joslas sauca Enlil, bet dienvidos — Ea. Katrā debess apgabalā Saule uzturējās gada ceturksni — trīs mēnešus. Salīdzinājumā ar zodiaku, kas radās vēlāk (ap 5. gs. p. m. ē.), tas bija vēl samērā neprecīzs gadalaiku iedalījums.

Babilonijas valdnieka Hammurapi laikā (1792. g. — 1750. g. p. m. ē.) bija jau pa-



2. att. Ciparu rakstība ķīlrakstā.

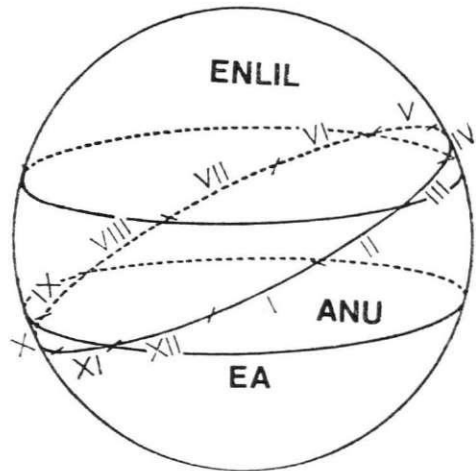
zīstams kalendārs ar gada iedalījumu 12 mēnešos. Katrā mēnesī bija 30 vai 29 dienas (sinodiskais mēnesis 29,53 dienas). Katra mēneša sākums bija noteikts ar jaunā Mēness sirpša parādīšanos pēc Saules rieta. Gads sākās pavasarī, ap ekvinoxijas laiku, kad iekrita jaunā Mēness fāze. Tā kā 12 lunārie mēneši (354 dienas) neatbilda Saules gada ritumam, tad ar valdnieka pavēli ik pēc četriem pieciem gadiem kalendārā iesprauda papildu mēnesi. Kāds no «mul APIN» tekstiem nosaka: «Ja 1. Nisannu (gada pirmā mēneša pirmajā dienā) Mēness un Plejādes atrodas konjunktijā, tad tas ir normālais gads, ja konjunktija ir 3. Nisannu, tad tas ir gads ar iespraužamu mēnesi.»⁴ Aprēķinot tekstā minēto astronomisko situāciju, iznāk, ka tad, ja pirmajā Nisannu dienā Mēness bija konjunktijā ar Plejādēm, gada sākums sakrita ar pavasara ekvinoxiju vai arī tas iesākās līdz pat astoņām dienām vēlāk. Turpretī, ja konjunktija bija trešajā Nisannu dienā, tad gads sākās vismaz 15 dienas pirms pavasara ekvinoxijas. Kalendārā gada sākums tāpēc dažkārt mainījās pat par trim četrām nedēļām. Zemkopībā šāda kalendārā novirze nav pieļaujama, un zemkopjiem, lai noteiktu sezonas darbu patieso laiku, vairāk bija jāpaļaujas uz dabā un pie debesīm novērojamām pārmaiņām.

Katru kalendāro mēnesi tāpēc centās saistīt ar noteiktu zvaigžņu parādīšanos pirms Saules lēkta. Zvaigžņu heliakālos lēktus novēroja priesteri. Babiloniešu mītā par pasaules radīšanu stāstīts: «Varenais dievs Marduks radīja gadu, iedalīja robežas 12 mēnešiem un katrā tur iedalīja trīs zvaigznes.» Centralizētas Babilonijas valsts izveidošanās periodā Marduks tika atainots kā augstākais dievs un «pasaules radītājs».

Mītā stāstītais rod dokumentāru apstiprinājumu vairākos ķīlraksta tekstos. Vecākais zvaigžņu saraksts, t. s. Berlīnes astrolabs, kas ietver 36 zvaigznes, nāk no Ašūras (ap

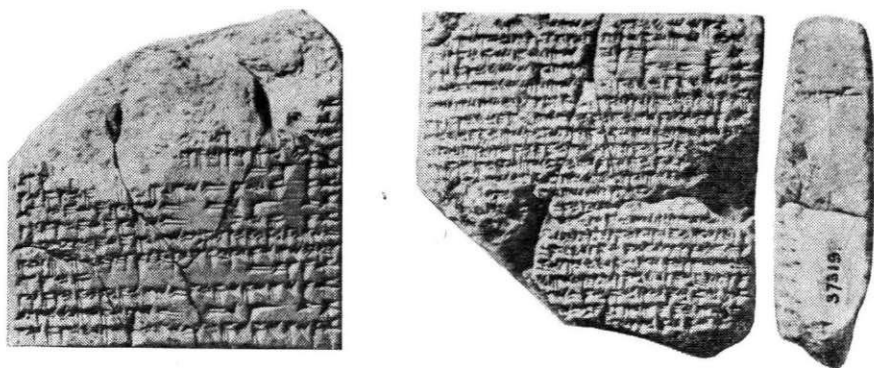


3. att. Babilonijas senākā karte uz māla plāksnītes. Pasaules centrā atrodas Babilona un Eifratas upe. Cietzemi aptver jūra. Kartei pievienotais teksts vēsta par Akadas valdnieka Sargona karagājienu uz Mazāziju.



4. att. Debess apgabali: Anu, Ea, Enlil pēc babiloniešu astronomiskā teksta «mul APIN».

⁴ Waerden B. L., van der. *Erwachende Wissenschaft*. Basel, Stuttgart, 1968, Bd. 2, S. 79, 80.



5. att. Babiloniešu ķīļraksta māla plāksnītes virspuse ar astronomisku tekstu par Mēness kustību (Britu muzejs, nr. 37319).

6. att. Ķīļraksta māla plāksnītes apakšpuse ar 5. attēlā uzrādītā teksta turpinājumu.

1100. g. p. m. ē.).⁵ Katrā mēnesī atzīmētas trīs spožākās zvaigznes vai zvaigznāji, viena no Anu, otra no Eas, bet trešā no Enlila debess apgabala. Priesteriem bija zināms, kādām zvaigznēm katrā mēnesī heliakāli jāparādās.

Kādā no «mul APIN» tekstiem rakstīts: «1. Nisannu uzlec LU.HUN.GA (Auns), 20. uzlec GAM (Vainaga α); Aiaru (otrajā mēnesī) uzlec MUL.MUL (Plejādes), 20. uzlec is li-e (Hiādes); 10. Simānu (trešajā mēnesī) uzlec SIBA.ZIAN.NA (Orions) un MAS.TAB.BA.GAL.GAL (Dviņi: Kastors un Polluks)» utt.⁶ Uzlecošo zvaigžņu saraksts atbilst Babilonas ģeogrāfiskajam platumam, un tas sastādīts ap 1300.—1000. gadu pirms mūsu ēras. Uzkrājoties novērojumiem, zvaigžņu lēkti parādīja, cik dienas paiet no viena zvaigznāja lēkta līdz nākamajam, un tāpēc varēja sastādīt šādus sarakstus. Piemēram, no Siriusa heliakālā lēkta līdz Kanopusa lēktam bija jāpaiet 55 dienām, un tamlīdzīgi.

Tā kā atmosfēras apstākļu dēļ ne katrreiz varēja zvaigžņu lēktus novērot, tad observēja «zigpu» jeb kulminējošās zvaigznes. Zvaigžņu kulminācijas lieti noderēja ilgāka laika inter-

vālu aprēķināšanai, jo ar ūdens pulksteni parasti mērija tikai īsus laiksprīžus.

«Mul APIN» teksti vēl nemin zodiaka zvaigžņu sadalījumu. Mēness ceļā Anu debess apgabalā izšķīra 18 zvaigznājus, bet nevis divpadsmit. Arī par planētām tekstos uzrādīts samērā maz novērojumu. Komētas vispār vēl netiek minētas.

Daudz bagātāka astronomiskā informācija nāk no jaunākā perioda — persiešu (539.—331. g. p. m. ē.) un seleikīdu (ar 312. g. p. m. ē.) valdīšanas laika. Šajā periodā babiloniešu astronomija nonāk pie sava augstākā snieguma — izveido skaitļojamās astronomijas teoriju. Sistemātiski novērojot Mēnesi, planētas un aptumsumus, rodas izpratne par šo debess parādību periodiskumu, un rezultātā tiek izstrādāta atbilstoša Mēness un planētu kustības teorija. Teorija, savukārt, ļāva izskaitļot ar aritmētiskiem paņēmieniem spīdekļu redzamību un paredzēt turpmākos iespējamos Saules un Mēness aptumsumus.

Sākot ar 6.—7. gs. p. m. ē., astronomisko novērojumu tekstu vidū sāk parādīties teksti ar izskaitļotām spīdekļu pozīcijām. Sākumā tiek izskaitļota redzamība tikai viena gada robežās, bet vēlāk arī ilgākam laika periodam.

Ķīļraksta jaunākā perioda astronomiskie teksti iedalās divās raksturīgās grupās: astro-

⁵ Waerden B. L., van der. *Erwachende Wissenschaft*. Basel, Stuttgart, 1968, Bd. 2, S. 57.

⁶ Turpat, 71. lpp.

nomiskajās dienasgrāmatās un astronomisko novērojumu kopsavilkumos. Pie pēdējiem piešķaitāmas arī tabulas ar izskaitlotām spīdekļu pozīcijām. Astronomiskās dienasgrāmatas, kā tās publicējot nosaucis A. J. Zakss, ietver sistemātiskus astronomiskos novērojumus. Katrā ķīlraksta plāksnīte hronoloģiskā secībā ierakstīti pusgada vai gada laikā iegūtie astronomiskie un meteoroloģiskie novērojumi. Te parasti ierakstīts zvaigžņu, planētu un Mēness stāvoklis pie debesīm, to lēkta, rieta un kulminācijas laiks, aptumsumi, dažādas citas pie debesīm novērojamas parādības — varavīksnes, halo ap Sauli, arī meteoroloģiska rakstura parādības, piemēram, apmākusies debess, lietus, vēja virziens, ūdens līmeņa celšanās upēs, gan arī dažkārt saimnieciska rakstura ziņas — tīrgus cenas un tamlīdzīgas. Vecākās astronomiskās dienasgrāmatas saglabājušās par 568., 454., 441., 419. un 418. g. pirms mūsu ēras. Sākot ar 385. g. p. m. ē., astronomiskās dienasgrāmatas saglabājušās gandrīz katriem diviem trim gadiem. Jaunākais astronomiskās dienasgrāmatas teksts datēts ar mūsu ēras 75. gadu. Par nelaimi, lielākā daļa māla plāksnišu ar astronomisko dienasgrāmatu tekstiem ir stipri bojātas un no tām legūstami tikai fragmentāri dati (5., 6. att.).

HALEJA KOMĒTA 164. UN 87. GADĀ PIRMS MŪSU ĒRAS

Vairākos ķīlraksta māla plāksnišu fragmentārajos tekstos no astronomiskajām dienasgrāmatām minētas arī komētas. Komētas uzskatītas par atmosfēras fenomenu. Ķīlraksta tekstos tās sauktas «sallammu». Tāpat tiek saukti arī meteori un bolīdi. Komētas domātas tajos gadījumos, kad «sallammu» bijis redzams pie debesīm ilgāku laiku — vairākas dienas vai pat nedēļu. Vecākais zināmais teksts, kurā pirmoreiz minēta komēta, attiecas uz 235. gadu pirms mūsu ēras.

Trīs Britu muzeja ķīlraksta māla plāksnišu fragmenti (nr. 41 462, 41 628, 41 018) ietver

tekstus, kurus atšifrējot Daremas universitātes astronomijas profesoram F. Stivensonam un Vīnes universitātes orientālistiem K. Jū un H. Hangeram izdevies konstatēt, ka 164. un 87. g. p. m. ē. babiloniešu astronomi novērojuši Haleja komētu.⁷

Māla plāksnītes fragmentā (nr. 41 462) rakstīts: «... komēta, kas iepriekš bija redzama austrumos Anu apgabalā Plejādu un Vērša apkaimē, uz rietumiem (...) un gāja uz Ea apgabalu...»

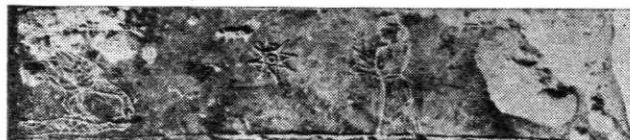
Otrās māla plāksnītes fragmentā (nr. 41 628) sacīts: «... Ea apgabalā Strēlnieka zvaigznājā, viena «kuš» attālumā uz rietumiem no Jupitera, trīs «kuš» augstāk uz ziemeļiem...» Abas plāksnītes ir stipri bojātas, un sākotnējā novērotā informācija par komētu nav saglabājusies. Tāpēc nav zināms, kad tekstā pieminētā komēta novērota.

Abus fragmentāros tekstus iespējams datēt, tikai balstoties uz astronomiskajiem aprēķiniem, izmantojot to «nabadzīgo» informāciju, kas par komētu saglabājusies. Tekstā teikts, ka komēta atradies Ea debess apgabalā, Strēlnieka zvaigznājā, un tur atradies arī Jupiters. «Kuš» ir babiloniešu leņķiskā vienība: 1 «kuš» = 2°. Ar šo astronomisko informāciju vien nepietiek, lai varētu identificēt kādu noteiktu komētu. Par laimi, pirmās māla plāksnītes fragments (nr. 41 462) saglabājis arī citus astronomiskos novērojumus: Venēra līdz mēneša vidum spīdējusi Strēlnieka zvaigznājā, pēc tam tā pārgājusi uz Mežāža zvaigznāju; tā paša mēneša 8. naktī Venēra atradies 1 «kuš» zem Jupitera; 14. Mēness uz rīta pusi atradies 1,5 «kuš» uz rietumiem un 4 «kuš» uz dienvidiem no Vērša β; 23. no rīta Mēness bijis 1 «kuš» uz rietumiem un 1,5 «kuš» uz dienvidiem no Jaunavas γ; 28. Venēra agri vakarā atradies 2,5 «kuš» zem Mežāža β; nākamā mēneša 12. naktī Venēra atradies divus pirkstus (0,2°) virs Mežāža γ un Marss no rīta atradies virs Spīkas (Jaunavas α).

⁷ Stephenson F. R., You K. K. C., Hunger H. Records of Halley's comet on Babylonian tablets. — Nature, 1985, vol. 314, p. 587—592.



7. att. Mēness, Plejādes un Vērsis. Ķīraksta māla plāksnīte ar zodiaka zvaigžņu attēliem (3. gs. p. m. ē.).



8. att. Merkurs, Jaunava un Krauklis — zodiaka joslas zvaigznāju attēli (3. gs. p. m. ē.).

Papildu teksts parāda astronomisko novērojumu veidus un pieraksta metodiku. Tekstā minēto zvaigžņu nosaukumi liecina, ka novērojumi nav vecāki par 5. gadsimtu pirms mūsu ēras. Tāpēc kalendārais laiks, kurā sakristu visi novērotie lielumi, meklējams laika periodā no 400. g. p. m. ē. līdz mūsu ēras sākumam. Izrādās, ka vienīgais datums, kurā novērotā astronomiskā situācija veidojusies, pēc Jūlija kalendāra, notikusi 164. gadā pirms mūsu ēras. Lunārais mēness, kurā bija novērota komēta, sākās 21. oktobrī.

Babiloniešu astronomi, kurus tajā laikā sauca arī par haldejiem⁸, Haleja komētu novērojuši īsi pirms perihēlija pāriešanas. Amerikāņu astronoma D. K. Jomena un viņa īru kolēģa T. Kaianga skaitliskie aprēķini rāda, ka Haleja komēta 164. g. p. m. ē. savas orbītas perihēliju pārgāja 12. novembrī.⁹

Salauzts ķīraksta māla plāksnītes gabals (nr. 41 018) satur tekstu par Haleja komētas parādīšanos 87. gadā pirms mūsu ēras. Tajā teikts: «... 13. intervāls starp Mēness lēktu

un Saules rietu bija izmērīts 8°; pirmajā nakts daļā komēta (...), kas IV mēnesī dienu no dienas 1 «kuš» (...) starp ziemeļiem un rietumiem tās aste bija 4 «kuš» garumā (...).» Teksts ir ļoti fragmentārs, bez papildu datiem tas nemaz nav identificējams. Šajā pašā māla plāksnītē minēti vēl citi novērojumu dati: 3. naktī Mēness atradās 2 «kuš» uz austrumiem no Venēras; 4. Merkurs noriet uz austrumiem no Lauvas; starp 4. un 12. Marss redzams 6 pirkstu platumā (1,2°) virs Vēža δ; Mēness aptumšošanās, kas izpaliek (acimredzot tā bijusi aprēķināta aptumšošanās, kas Babilonā nav bijusi redzama); starp 13. un 19. Venēra bija 1 «kuš» zem Svaru α.

Vienīgais iespējamais kalendārais datums, kad šāds spīdekļu izvietoējums bijis redzams, attiecas uz 87. gadu pirms mūsu ēras. Jauna Mēness fāze iestājās 12. augustā, bet komēta caur perihēliju izgāja 6. augustā. Haleja komētu babiloniešu astronomi tāpat bija novērojuši pēc perihēlija pāriešanas.

Haleja komēta 87. g. p. m. ē. minēta arī ķīniešu hronikās: «Ho Jena otrā valdīšanas gada 7. mēnesī debess austrumdaļā bija redzama komēta.»¹⁰ Ho Jena valdīšanas otrais gads bija 87. g. p. m. ē., 7. mēnesis —

⁸ Waerden B. L., van der. Die «Ägypter» und die «Chaldäer». — Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, 5. Abh., 1972, S. 201—227.

⁹ Yeoman D. K., Kiang T. The long-term motion of comet Halley. — Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 1981, vol 197, N 2, p. 643.

¹⁰ William J. Observations of comets from B. C. 611 to A. D. 1640. London, 1871, p. 7.

augusts. Ķīniešu hronika min tikai komētas parādīšanās faktu. Babiloniešu astronomi par komētu sniedz daudz pilnīgākus astronomiskos datus.

Komētas minētas arī grieķu un romiešu rakstiskajos avotos, pat sākot ar 5. gs. p. m. ē., taču visiem ziņojumiem pietrūkst pats būtiskākais — novērojumu dati: kad komēta redzēta un kur pie debesīm tā atradusies. Tāpēc pēc grieķu un romiešu ziņām par komētām nav iespējams identificēt Haleja komētas parādīšanos, lai gan šī komēta Saules tuvumā pienāca arī 240., 315., 391., 466., 540., 616., 690. (utt.) gadā pirms mūsu ēras.

DIODORA VĒSTĪJUMS

Grieķu vēsturnieks Diodors Sicīlietis 60.—30. g. p. m. ē. sarakstīja antikās pasaules «Vēstures bibliotēku». Izmantodams citu autoru darbus, Diodors «Vēstures bibliotēkā» stāsta arī par babiloniešu astronomiju. Blakus tādām astronomiskajām zināšanām kā Mēness un planētu redzamības noteikšana, aptumsumu paredzēšana Diodors vēsta, ka babiloniešu astronomi pratuši paredzēt arī komētas parādīšanos. Ja šie grieķu vēsturnieka vārdi ir patiesi, tad tas nozīmē, ka babilonieši jau divtūkstoš gadus pirms eiropiešiem pratuši noteikt kādas komētas periodisko atgriešanos. No pazīstamajām senatnes komētām tā varēja būt tikai periodiskā Haleja komēta.

Haleja komēta ir unikāla ne vien ar parādīšanās periodiskumu, bet arī ar to, ka ik

reizi tā ir pietiekami spoža, lai to varētu saskatīt brīvi ar acīm. Saules sistēmas iekšienē komēta parādās katros 75—80 gados. Tas nav sevišķi garš periods, lai to tieši nevarētu novērot. Babiloniešu astronomi ir pazinūši vēl garākus debess parādību periodus: piemēram, Jupitera konjūkcijai ar zvaigznēm bija 83 gadu cikls, Saturna — 59 gadu, Merkura — 46 gadu, Marsa — 47 un 79 gadu cikli. Kā uzsver vairāki astronomijas vēsturnieki¹¹, viena no būtiskākajām babiloniešu astronomijas iezīmēm ir periodisko debess parādību novērošana un to redzamības paredzēšana. Vispirms tas attiecināms, protams, uz Mēness un planētu kustības periodiem. Mēness redzamības periodiskums bija babiloniešu kalendāra būtība. Ar planētu redzamību bija saistīta astroloģija un horoskopu sastādīšana.¹²

Pašlaik gan babiloniešu rakstiskie avoti, kas ir pētnieku rīcībā, Diodora vēstījuma ticamību neapstiprina. Mūsu zināšanas par babiloniešu astronomiju balstās uz apmēram 300 ķīļraksta māla plāksnītēm. Ap 1000 dažāda rakstura ķīļraksta māla plāksnišu teksti arī satur astronomiskas ziņas. Tāpēc vajadzīgi vēl daudzi gadi pacietīga darba, lai babiloniešu astronomiskās ziņas izpētītu visos praktiskajos un teorētiskajos aspektos.

— — —

¹¹ Паннекук А. История астрономии. М., 1963, с. 56.

¹² Sachs A. Babylonian Horoscopes. — J. of Cuneiform Studies, 1952, 6, p. 49.



REPUBLIKAS SKOLĒNU OLIMPIĀŽU UZVARĒTĀJU VASARAS SKOLA SEMINĀRS «ALFA-85»

1985. gada jūlijā Kuldīgas 3. vidusskolā divdesmit sešas dienas risinājās republikas skolēnu olimpiāžu uzvarētāju vasaras skola seminārs «Alfa-85», ko bija organizējusi Latvijas ĪKJS CK, republikas Izglītības ministrija, Zinātniski tehnisko biedrību Latvijas republikāniskā padome, Mašīnbūvniecības ZTB Latvijas republikāniskā valde, D. Mendelejeva Vissavienības ķīmijas biedrības Latvijas republikāniskā valde un republikas Zinību biedrība.

Ceļazīmes uz «Alfu» saņēma astoņdesmit skolēni, kas bija guvuši labākos rezultātus republikas olimpiādēs (gan Izglītības ministrijas rīkotajās, gan t. s. atklātajās olimpiādēs, ko nu jau daudzus gadus organizē dažādas republikas zinātniskās biedrības) fizikā, astronomijā, matemātikā, ķīmijā (citus gadus arī vēsturē un bioloģijā), kā arī skolēnu zinātnisko biedrību un pulciņu labākie dalībnieki.

Gandrīz mēnesi notika lekcijas un semināri, ko vadīja kopumā ap piecdesmit Zinātņu akadēmijas, LVU, RPI un citu zinātnisko un mācību iestāžu darbinieku un vieslektoru no Maskavas.

Ik dienas jaunie zinātnes entuziasti noklausījās divas trīs lekcijas, kā arī piedalījās praktiskajās nodarbībās ar mikroESM, ko «Alfas-85» rīcībā bija nodevis LVU Skaitļošanas centrs un LVU Cietvielu fizikas institūts.

Cetru sekciju (fizikas, matemātikas, ķīmijas un vēstures) lekciju klāstā bija jautājumi par

kvantu mehānikas pamatiem, tika sniegts ievads hidrodinamikā un magnetohidrodinamikā, klausītāji iepazinās ar algoritmisko valodu izmantošanu programmēšanā, dažiem skaitlisko metožu lietošanas aspektiem un citiem jautājumiem, kuri skolās netiek aplūkoti.

Brīvajā laikā notika interesantas ekskursijas uz Kurzemes kultūrvēsturiskajām vietām, Ventspili un Klaipēdu. Skolēni piedalījās sporta sacensībās, peldējās.

Ipaši vērtīga ir kontaktu nodibināšanās starp zinātnisko iestāžu darbiniekiem un «Alfas» klausītājiem — to rezultātā ne viens vien skolēns 1985./86. mācību gadā tika iesaistīts sev piemērotā zinātniskajā darbā.

Kad iznāks šis žurnāla numurs, risināsies olimpiādes, kuras vērs durvis uz nākamo vasaras semināru — «Alfa-86». Veiksmi olimpiādēs, jūs gaida «Alfa»!

L. Smits

SĀKAM JAUNU RAKSTU SĒRIJU

Parasti, runājot par Latvijas skolēnu sasniegumiem matemātikā, vispirms iedomājamies pēdējo gadu uzvaras Vissavienības matemātikas olimpiādēs, LVU A. Liepas Neklātienes matemātikas skolas, atklāto matemātikas olimpiāžu un «Profesoņa Cipariņa kluba» aizvien pieaugošo dalībnieku skaitu. Tomēr matemātiķa darba galvenais kritērijs ir jaunu rezultātu iegūšana. Kā veicas šai ziņā?

Jau vairākas reizes republikas presē ziņots par oriģināliem pētījumiem, ko veikuši mūsu

republikas skolēni (A. Auziņš, Z. Ozola, V. Ignatoviča, G. Bārziņš, M. Grasmanis, A. Melgalvis, K. Cerāns, D. Grundmane, S. Sedola u. c.). Iestājušies LVU Fizikas un matemātikas fakultātē, aktīvākie studenti jau no pirmā kursa iesaistās Studentu zinātniskās biedrības darbā un universitātes pasniedzēju un darbinieku zinātniskajos semināros, bieži vien gūstot izcilus panākumus arī šeit.

Šajā žurnāla numurā sākam publicēt rakstu sēriju, ko sagatavojuši LVU Fizikas un matemātikas fakultātes un Skaitļošanas centra darbinieku un studentu algoritmisko uzdevumu semināra dalībnieki. Piebildīsim, ka vairākums darbu autoru būs studenti.

Lielākā daļa rakstu būs veltīti algoritmiskās domāšanas veidošanai, t. i., algoritmu analīzes, izveides, optimizācijas un pareizības pierādījumu iemaņu izstrādāšanai. No šā viedokļa tajos izklāstīto materiālu varēs izmantot jaunā mācību priekšmeta «informātikas un skaitļošanas tehnikas pamati» apgušanā. No otras puses, katrs raksts saturēs arī jaunus matemātiskus rezultātus, kuru izklāsts pieejams vidusskolēniem. Vairākos rakstos tiks doti ievērojami matemātiķu (S. Golomba, S. Olama u. c.) izvirzīto problēmu atrisinājumi, ko ieguvuši semināra dalībnieki.

M. Stupānes raksts, kā arī nākamie — I. Opmanes un S. Sedolas — raksti, veltīti ģeometrisko konstrukciju teorijai. Bez jauniem matemātiskajiem rezultātiem interese informātikas mācīšanās te vēl var izraisīt konstrukciju algoritmu veidošana «pa blokiem», kas atbilst apakšprogrammu veidošanai programmēšanā, kā arī ģeometrisko konstrukciju neiespējamības pierādījumi.

Iesakām arī lasītājiem pašiem mēģināt veidot līdzīgas teorijas. Starpība iespēju ziņā starp pirmā kursa studentu un vidusskolas pēdējo klašu skolēniem nav tik liela, lai ar enerģisku darbu to nevarētu pārvarēt. Matemātikas olimpiāžu rezultāti un to līderu studijas LVU liecina, ka ļoti spējīgi jaunieši mācās visos republikas rajonos. Tikai no viņu darba atkarīgs, cik spoži šīs spējas iemirdzēsies.

A. A n d ž ā n s

ĢEOMETRISKĀS KONSTRUKCIJAS AR PAPIRA LAPAS LOCĪŠANAS PALĪDZĪBU

Mūsdienu vispārējā izglītībā algoritmiskās domāšanas attīstībai ir izcila nozīme. Algoritmiskā domāšana ietver sevī prasmi analizēt citu sastādītos algoritmus, prasmi izstrādāt tos pašam un pamatot to atbilstību paredzētajam uzdevumam, pēc tā vai cita parametra optimizēt algoritmu, kā arī atsevišķos gadījumos pierādīt algoritma neeksistenci.

Augstākajās mācību iestādēs algoritmiskā domāšana galvenokārt tiek veidota programmēšanas kursos uz augstākās matemātikas bāzes. Lai šajā domāšanā ievirzītu skolēnus, kas vēl nav pazīstami ne ar programmēšanas elementiem, ne arī ar attīstītām matemātikas nozarēm, jāatrod uzdevumi, kuri pēc satura ir viņiem tuvi un pazīstami un kuru risinājuma gaitā nākas veikt visu minēto tipu spriedumus.

Jau no pagājušā gadsimta visizplatītākie algoritmiskie uzdevumi skolā ir ģeometrisko konstrukciju uzdevumi. Klasiskajā nostādne to risināšana parasti aprobežojas ar algoritmu izstrādi un (dažreiz) pareizības pierādījumu.

Šajā rakstā aplūkota īpaša ģeometrisko konstrukciju uzdevumu klase — konstrukcijas, kas veidojamas ar papīra lapas locīšanas palīdzību. (Iespējams, ka lasītājs ar šāda tipa uzdevumiem jau sastāpis grāmatā Kreislere I. Origami — papīra locīšana. R., Zvaigzne, 1981.)

Konstrukciju algoritmu izstrādē plaši tiek lietota modelēšanas metode — viena no svarīgākajām visā teorētiskajā matemātikā. Izmantojot šo metodi, tiek pierādīts, ka ar papīra lapas locīšanu var konstruēt visas tās pašas figūras, ko ar cirkuli un lineālu.

Skolēni netieši iepazīstas arī ar ļoti svarīgo apakšprogrammas jēdzienu. Rakstā ar interpretācijas metodi (kas arī sarežģītākās situācijās matemātikā tiek lietota ļoti plaši) tiek parādīta konstrukcijas algoritma neiespējamība.

Lasītājs papildus modelēšanas metodei iepazīsies arī ar to, cik plašas iespējas sevi slēpj vienkārša papīra lapa ģeometrisko figūru konstruēšanai.

PAMATJĒDIENI

Skolas kursā tiek aplūkota ģeometrisko figūru konstruēšana ar t. s. klasiskajiem instrumentiem — cirkuli un lineālu. Pēc definīcijas, ar šiem instrumentiem var konstruēt

- 1) patvaļīgu punktu,
- 2) taisni caur diviem jau konstruētiem punktiem,
- 3) divu taisņu krustpunktu,
- 4) riņķa līniju, ja dots tās centrs un rādiuss,
- 5) riņķa līnijas un taisnes krustpunktus,
- 6) divu riņķa līniju krustpunktus.

Visas citas konstrukcijas atļauts veikt, tikai kombinējot minētās sešas pamatkonstrukcijas.

Ieviesīsim jaunu «instrumentu» — taisnstūrveida papīra loksnīti. Tās garākās malas saucsim par loksnītes malām, īsākās — par sānu malām. Konstrukcijas veiksīm, veidojot locījuma līnijas uz loksnītes.

Pēc definīcijas, ar loksnīti var veikt šādas elementārās operācijas (vārdi «atzīmēts», «konstruēts», «izveidots» tiek lietoti kā sinonīmi):

- 0) uz tās atzīmēt patvaļīgu punktu;
- 1) pārlocīt loksnīti tā, lai locījuma līnija ietu caur iepriekš konstruētu punktu perpendikulāri loksnītes malām;
- 2) pārlocīt loksnīti tā, lai locījuma līnija ietu caur iepriekš konstruētu punktu paralēli loksnītes malām;
- 3) izveidot locījuma līniju caur diviem jau konstruētiem punktiem;
- 4) konstruēt divu locījuma līniju krustpunktu vai arī locījuma līnijas un loksnītes malas krustpunktu;

5) ja pārlocīšanas rezultātā jau atzīmēts punkts A sakrīt ar pagaidām vēl neatzīmētu punktu B , tad var atzīmēt B (teiksim, ka punkti A un B sakrīt, ja, iedurot pārlocītā loksnītē kniepatadu vietā, kur ir punkts A , tiek caurdurts arī punkts B);

6) ja uz locījuma līnijas l eksistē tāds punkts K , ka $|KO|=|OR|$ (O un R ārpus l), tad var konstruēt tādu locījuma līniju s , kas iet caur O , ka pēc pārlocīšanas pa s R sakrīt ar K .

Turpmāk šīs elementārās operācijas apzīmēsim šādi: \aleph (kārtas numurs tikko minētajā uzskaitījumā) E. O.

Konstrukcijās mēs bieži vien lietosim arī mazliet sarežģītākas operācijas nekā jau aplūkotās, bet tās visas var izteikt kā elementāro operāciju kombinācijas. Ērtības labad katru no šīm kombinācijām uzskatīsim par vienu palīgoperāciju un apzīmēsim ar \aleph (kārtas numurs elementāro palīgoperāciju sarakstā) e. o.

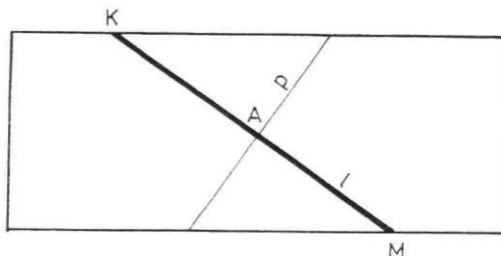
Elementārās palīgoperācijas ir šādas:

1) ja dota viena locījuma līnija, kas iet caur dotu punktu X , tad var izveidot jaunu locījuma līniju, kas arī iet caur X (patvaļīga leņķa konstruēšana);

2) ja divas locījuma līnijas iet caur dotu punktu X , tad var izveidot jaunu locījuma līniju, kas arī iet caur X , bet abas vecās pēc pārlocīšanas sakrīt (leņķa bisektrises konstruēšana);

3) ja pārlocīšanas rezultātā jau atzīmēti punkti A un B sakrīt ar pagaidām vēl neatzīmētiem punktiem A' un B' , tad var tos atzīmēt (tiek atlikts attālums $|A'B'|$, kas vienāds ar $|AB|$);

4) var izveidot tādu locījuma līniju l , ka jau konstruēts punkts K , kas atrodas uz jau konstruētas locījuma līnijas vai uz loksnītes malas m , sakrīt ar jau konstruētu punktu O ,



1. att.

kur $O \notin m$ (punkta K pievietošana punktam O);

5) var atzīmēt kaut kādu punktu A uz locījuma līnijas l .

Parādīsim, kā 5. e. o. var izteikt, izmantojot E. O. Vispirms atradīsim l krustpunktus ar loksnītes malām: K un M (4. E. O.). Konstruēsim locījuma līniju p tā, lai K un M sakrīt (4. e. o.). Atzīmēsim taisni l un p krustpunktu A (4. E. O.) (1. att.).

Ja 4. e. o. būtu izteikta, izmantojot E. O., tad mēs šādi prastu veikt 5. e. o.

1. uzdevums. Izteikt 1.—4. e. o., izmantojot E. O.

Klasiskajā ģeometrijā visas aplūkojamās figūras sastāv no taisņu nogriežņiem un riņķa līniju lokiem. Vienosimies, kā attēlosim punktu, taisni un riņķa līniju.

Punkts — patvaļīgi izraudzīts punkts uz papīra loksnītes. Uzskatīsim, ka punkts tiek atzīmēts uz loksnītes ar zīmuli. **Taisni** attēlo locījuma līnija. **Taisnes nogriezni** attēlo taisne, kas to satur, un uz tās atzīmētie nogriežņa galapunkti. **Riņķa līniju** viennozīmīgi nosaka centrs (dots punkts O) un rādiuss (uz papīra loksnītes atlikts attālums n). **Leņķi** uz papīra loksnītes nosaka kāds punkts S — leņķa virsotne un leņķa malas — divas taisnes, kas iet caur S . Par 180° liela leņķa malām var uzskatīt arī loksnītes malu, ja leņķa virsotne atrodas uz šīs malas, vai arī locījuma līniju, kas nosaka taisni, ja leņķa virsotne atrodas uz šīs locījuma līnijas.

Tas nozīmē, ka mēs varam attēlot jebkuru figūru, kas sastāv no lokiem un nogriežņiem, tātad arī jebkuru daudzstūri.

PAMATKONSTRUKCIJAS UZ PAPIĀRA LOKSNĪTES

Izdarīt ģeometrisku konstrukciju nozīmē ar pieņemtajiem apzīmējumiem attēlot konstruējamo objektu vai arī pierādīt, ka tāds neeksistē. Parādīsim, kā, izmantojot e. o. un E. O., var izpildīt raksta sākumā minētās sešas klasiskās ģeometrijas pamatkonstrukcijas. Tā kā katra klasiskā konstrukcija reducējas

uz pamatkonstrukciju izpildi, tad līdz ar to būs pierādīta

1. teorēma: katru konstrukciju, ko var veikt klasiskajā ģeometrijā, var veikt ar papīra loksnītes locīšanas palīdzību.

Izklāsta ērtības labad pierādīsim divas lemmas.

1. lemma: ja m — taisne un $O \notin m$, tad ar E. O. var konstruēt taisni $p \parallel m$, kas iet caur O .

Atradīsim taisnes m un loksnītes malu krustpunktus A un B .

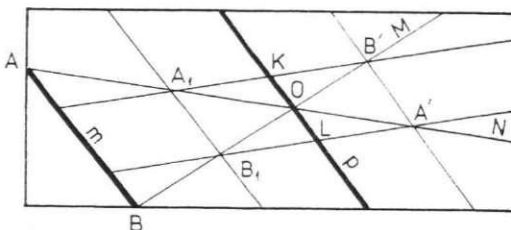
Konstruēsim (AO) un (BO) .*

Nākamais uzdevums ir atlikt $|BO|$ no O uz stara $[OM]$ un atlikt $|AO|$ no O uz stara $[ON]$. Ja to izdarīt nav iespējams, atradīsim $[BO]$ viduspunktu B_1 un $[AO]$ viduspunktu A_1 . $(A_1B_1) \parallel (AB)$. Mēģināsim atlikt $|B_1O|$ uz $[OM]$ no O un $|A_1O|$ uz $[ON]$ no O . Ja tas neizdodas, dalīsim $[B_1O]$ un $[A_1O]$ uz pusēm, iegūstot punktus A_2 un B_2 , utt.

Atradīsies tāds $i \in \mathbb{N}$, ka varēsīm atlikt attālumus $|A_iO|$ un $|B_iO|$ attiecīgi uz stariem $[ON]$ un $[OM]$ no O . Iegūsim punktus A' un B' .

Konstruēsim (A_iB') un (B_iA') . Izveidojas paralelograms $A_iB_iA'B'$ ar diagonāļu krustpunktu O .

Atzīmēsim $[B_iA']$ viduspunktu L un $[A_iB']$ viduspunktu K . Konstruēsim $(KL) \parallel (AB)$; $O \in (KL)$ (sk. 2. att.).

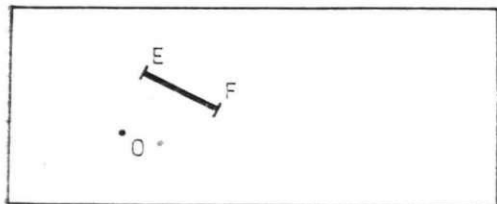


2. att.

Klasiskajā ģeometrijā mēs varam konstruēt riņķa līniju neatkarīgi no tā, vai nogriežnim, kurš nosaka rādiusu, viens galapunkts atrodas riņķa līnijas centrā vai ne, jo, izmantojot cirkuli, attālumu var atlikt no jebkura punkta.

Turpreti konstrukcijās uz papīra loksnes šis apgalvojums nav acīm redzams. Tāpēc pierādīsim to kā 2. lemmu.

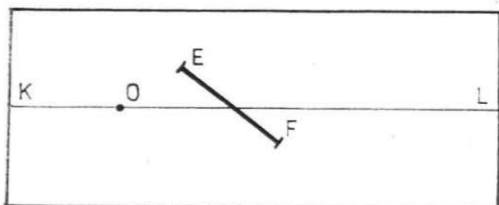
Parādīsim, kā atlikt nogriezni, kas kongruents ar $[EF]$, no punkta O (3. att.).



3. att.

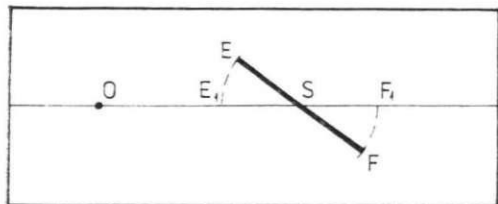
Konstruēsim loksnes malām paralēlu līniju p , kas iet caur punktu O (2. E. O.). Vispirms parādīsim, kā atlikt uz p attālumu, kas vienāds ar $|EF|$.

1. gadījums. $[EF]$ šķēļ $p=(KL)$ punktā S (4. E. O.) (4. att.).



4. att.

Izveidosim locījuma līniju l , kas satur $[EF]$ (3. E. O.). Konstruēsim leņķa FSL bisektrisi (2. e. o.) un atzīmēsim punktu $F_1 \in p$ tā, ka $|SF_1|=|SF|$ (5. E. O.).



5. att.

Konstruēsim leņķa ESK bisektrisi (2. e. o.) un atzīmēsim punktu $E_1 \in p$ tā, ka $|SE_1|=|SE|$ (5. E. O.).

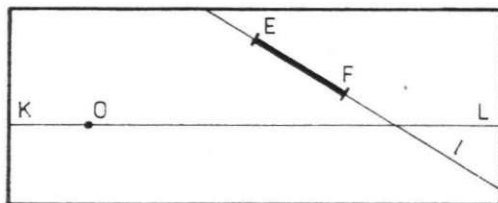
Esam ieguvuši $[E_1F_1]$ ($|E_1F_1|=|EF|$) (5. att.).

2. gadījums: $[EF]$ nešķēļ $p=(KL)$ (6. att.).

Konstruēsim taisnei l paralēlu taisni l' caur patvaļīgu punktu $F_1 \in p$ un konstruēsim taisni (EF_1) un tai paralēlu taisni caur punktu F , kuras krustpunktu ar l' apzīmēsim ar E_2 .

Konstruēsim leņķa E_2F_1K bisektrisi (2. e. o.) un atzīmēsim punktu $E_1 \in p$ tā, ka $|F_1E_1|=|F_1E_2|$ (5. E. O.).

Gan 1., gan 2. gadījumā uz p esam ieguvuši $[E_1F_1]$, kur $|E_1F_1|=|EF|$.



6. att.

Tagad parādīsim, kā nogriezni ar garumu $|E_1F_1|$ atlikt tā, lai viens no galapunktiem atrastos punktā O .

Pieņemsim, ka F_1 ir tuvāk O nekā E_1 . Izveidosim locījuma līniju tā, ka O sakrīt ar F_1 , un atzīmēsim punktu E_2 , kas sakrīt ar E_1 (5. E. O.). Esam ieguvuši $[OE_2]$ ($|OE_2|=|E_1F_1|$). Konstrukcija iznāk pareiza neatkarīgi no tā, vai $O \in [E_1F_1]$ vai ne.

Tātad vienmēr varam uzskatīt, ka dotais rādiusa garums atlikt no riņķa līnijas centra.

Tagad apskatīsim raksta sākumā minētās klasiskās ģeometrijas pamatkonstrukcijas. Ievērosim, ka 1., 2. un 3. pamatkonstrukcijām tieši atbilst 0. E. O., 3. E. O. un 4. E. O. Lai konstruētu riņķa līnijas $(O; r)$, kur $|OR|=r$, un taisnes l krustpunktu ($O \notin l$), izmantosim 6. E. O.

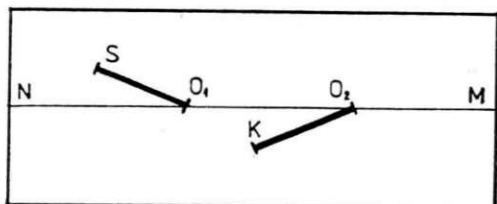
Ja $O \in l$, konstruēsim leņķiem, ko veido $[OR]$ ar l , bisektrises (2. e. o.) un atzīmēsim punktus uz l , kas sakrīt ar R (5. E. O.).

Tā kā riņķa līnija skaitās konstruēta, ja dots tās centrs un rādiuss, tad 4. pamatkonstrukcija mums nav jāmodelē.

Atliek apskatīt 6. pamatkonstrukciju.

Pieņemsim, ka dotas riņķa līnijas ω_1 (centrs O_1 , rādiuss $|O_1S|$) un ω_2 (centrs O_2 , rādiuss $|O_2K|$).

Izveidosim locījuma līniju (NM) , kas iet caur punktiem O_1 un O_2 (7. att.).



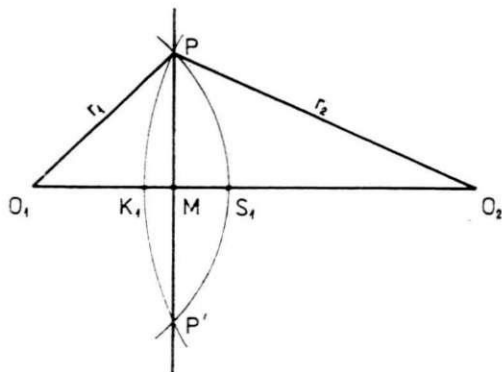
7. att.

Konstruēsim leņķu SO_1N un SO_1M bisektrises un atliksim $S_1 \in [O_1O_2]$ un $S_2 \in [O_1N]$ tā, ka $|S_1O_1| = |S_2O_1| = |SO_1|$.

Līdzīgi atliksim $K_1 \in [O_2O_1]$ un $K_2 \in [O_2M]$ tā, ka $|K_1O_2| = |K_2O_2| = |KO_2|$.

Ja kāds no punktiem S_1 un S_2 sakrīt ar kādu no punktiem K_1 un K_2 , tad šie sakrītošie punkti ir riņķa līniju pieskaršanās punkti.

Ja sakrīšana nav konstatēta, apskatām, kādā secībā izvietoti punkti S_1 ; S_2 ; K_1 ; K_2 uz (NM) . Ja starp punktiem S_1 un S_2 atrodas



8. att.

tieši viens no punktiem K_1 un K_2 , tad do to riņķa līniju krustpunkti eksistē, pretējā gadījumā tādu krustpunktu nav. Apskatisim, kā konstruēt do to riņķa līniju krustpunktus, ja tie eksistē (8. att.).

Apzīmēsim $|O_1K_1| = a$, $|O_2S_1| = b$, $|K_1S_1| = c$, P ; P' — riņķa līniju krustpunkti.

Apzīmēsim $(PP') \cap (O_1O_2) = M$, $(PP') \perp (O_1O_2)$ un $|K_1M| = x$, $|MS_1| = y$. Tad $|K_1M| + |MS_1| = x + y = c$.

Sastādīsim vienādojumu sistēmu

$$\begin{cases} x + y = c \\ (a + c)^2 - (a + x)^2 = (b + c)^2 - (b + y)^2 \end{cases}$$

Otrais vienādojums iegūts pēc Pitagora teorēmas, izsakot $|PM|^2$ no trijstūriem O_1MP un O_2MP .

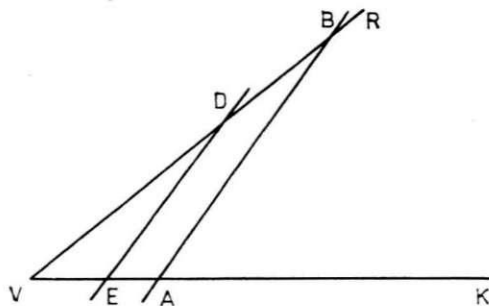
Otro vienādojumu pārveido, kreisajā pusē atstājot

$$x^2 - y^2 = (x - y)(x + y) = c(x - y).$$

Atrisinot iegūto lineāro vienādojumu sistēmu, atrodam

$$x = \frac{c(2a + c)}{2(a + b + c)}.$$

Konstruēsim uz loksnītes šauru leņķi RVK un atliksim punktus $A \in [VK]$, $B \in [VR]$, $D \in [VR]$, tā, ka $|VA| = c$, $|VB| = 2(a + b + c)$, $|VD| = 2a + c$. Ja $|VA|$, $|VB|$ un $|VD|$ nevar atlikt uz loksnītes tās ierobežoto izmēru dēļ,



9. att.

tad atliksim punktus A_1, B_1, D_1 tā, ka $\frac{|VA|}{|VA_1|} = \frac{|VB|}{|VB_1|} = \frac{|VD|}{|VD_1|} = k$. Nākamās konstrukcijas izpildīsim tāpat, tikai A, B, D vietā ņemot A_1, B_1, D_1 .

Konstruēsim (AB) un tai paralēlu taisni l , kas iet caur D (sk. 1. lemmu). Taisnes l krustpunktu ar (VK) apzīmēsim ar E (9. att.).

$$\text{Tad } \frac{|VA|}{|VB|} = \frac{|VE|}{|VD|} \text{ un tāpēc } |VE| = \frac{c(2a+c)}{2(a+b+c)} \text{ (jeb } |VE| = k|VE_1| \text{)}.$$

Atliksim punktu $M \in [K_1S]$ tā, ka $|K_1M| = |VE|$.

2. uzdevums. Parādīt, kā caur punktu M uz taisnes l novilkēt perpendikulu pret L .

Izveidosim locījuma līniju s , kas iet caur M perpendikulāri (O_1O_2).

Konstruēsim taisnes s un riņķa līnijas ω_1 krustpunktus P un P' , kas arī ir riņķa līniju ω_1 un ω_2 krustpunkti.

Lai 1. teorēmu varētu uzskatīt par pierādītu, atgādināsim, ka 6. pamatkonstrukcijā mēs parādījām, kā rīkoties, ja konstrukcijā nepieciešamie palīgelementi iziet ārpus loksnītes.

Kādā Dž. Petersena darbā* var iepazīties ar šādu teorēmu: ja uz izliektas figūras F doti izejas dati, kas nepieciešami konstrukcijas veikšanai ar cirkuli un lineālu, un ja ir zināms, ka šīs konstrukcijas galarezultāts arī atrodas uz F , tad konstrukciju, kuras veikšanas gaitā iegūtie palīgelementi iziet ārpus F , var aizstāt ar citu tā, ka visas jaunās konstrukcijas operācijas varēs veikt F ietvaros.

1.—5. pamatkonstrukcijās lasītājs arī patstāvīgi var pārliecināties par šā apgalvojuma pareizību, F vietā ņemot papīra loksnīti.

(Nobeigums nākamajā numurā)

M. Stupāne

* Petersen J. Methods and theories for the solution of problems of geometrical constructions. N. Y.: Chelsea Publishing Company, 1980.

REPUBLIKAS DESMITĀ ATKLĀTĀ FIZIKAS OLIMPIĀDE

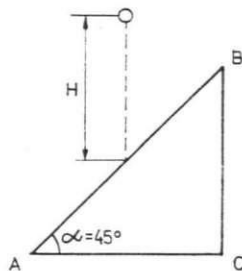
(uzdevumi un risinājumi)

(Nobeigums)*

UZDEVUMI

8. uzdevums. (9., 10., 11. L, 8., 9., 10. K)**

Aprēķiniet augstumu H , no kura bez sākuma ātruma jāmet lodīte, kuras masa $m = 0,1$ kg, lai tā pēc absolūti elastīgas sadursmes ar nekustīgu prizmu (sk. 5. att.) tās vienas skaldnes centrā nonāktu šķautnes viduspunktā A . Prizmas masa $M = 1$ kg, $BC = h = 0,2$ m; berzes spēku un gaisa pretestību neievērot.



5. att.

9. uzdevums (10. L, 9. K)

Cilindriskā termoizolētā traukā atrodas homogēns ūdens un sīku māla daļiņu maisījums, kura augstums ir H . Māla un ūdens masu attiecība — k . Aprēķināt temperatūras izmaiņu Δt termoizolētajā traukā pēc tam,

* Sākumu sk.: Zvaigžņotā Debess, 1985./86. gada ziema, 40.—45. lpp. (Tāpat kā iepriekš, piezīmes lūdzam adresēt 226050 Rīga, Galvenajā pastā, abon. k. 209, ZTB Komitejai darbam ar jaunatni.)

** Seit un turpmāk iekavās norādīts, kurām latviešu plūsmas (L) vai krievu plūsmas (K) klasēm attiecīgais uzdevums paredzēts.

kad visas māla daļiņas būs nosēdušās trauka dibenā, izveidojot viendabīgu māla slāni, kuram ir divas reizes lielāks blīvums nekā ūdenim. Māla īpatnējā siltumietilpība C ir divas reizes mazāka par ūdens īpatnējo siltumietilpību. Pieņem, ka slānis, kas izveidojies māla daļiņu nosēšanās rezultātā, ūdeni nesatur. (Uzdevuma formulējumu devis LPSR ZA Fizikas institūta līdzstrādnieks A. Čuhrovs.)

10. uzdevums (10., 11. L, 9., 10. K)

Ar virzuli noslēgtā traukā, kurā atrodas gaiss, ieliets neliels ūdens. Ja temperatūra ir T , spiediens $p_1=3$ atm un virzuļa ierobežotās trauka daļas tilpums $V_1=22,4$ l, sistēma atrodas līdzsvara stāvoklī. Palielinoties tilpumam divas reizes, praktiski viss ūdens no trauka dibena nozuda. Minētā iztvaikošanas procesa laikā temperatūra palika konstanta (vienāda ar sākotnējo T). Afrast šo temperatūru, kā arī ūdens un gaisa masas traukā, ja procesa beigās spiediens $p_2=2$ atm ($1 \text{ atm}=101\,325 \text{ Pa}=760 \text{ mm Hg}$ staba).

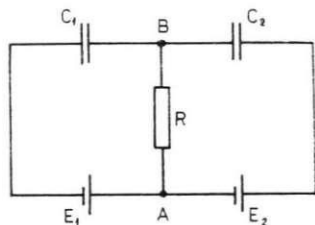
11. uzdevums (10. L, 9. K)

Otrādi apgriezts alumīnija katls, kura masa $m=1$ kg un tilpums $V=5$ l, tiek vertikāli, uz leju vērsta ārēja spēka darbības rezultātā, gremdēts ūdenī. Kādā dziļumā H katls sāks grimt patstāvīgi?

12. uzdevums (10., 11. L, 9., 10. K)

Kāds lādiņš izplūdis caur pretestību (sk. 6. att.), ja kondensatorā C_1 iebīdīs vizlas plāksnīti?

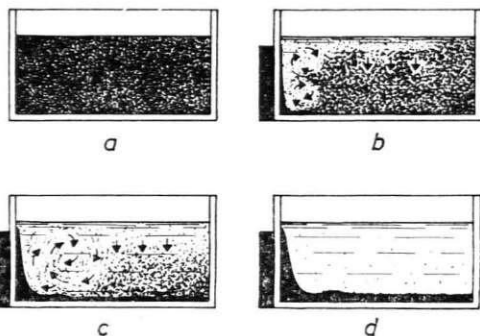
Vizlas dielektriskā konstante ir ϵ .



6. att.

13. uzdevums (11. L, 10. K)

Tika demonstrēti eksperimenti ar nosacītu nosaukumu «Šķidrums un magnēts»: šaurā plakanā kivetē tika ieliets ūdens un smalku feromagnētiska materiāla daļiņu maisījums (7. att. a) un pie kivetes malas (vai dibena) pielikts magnēts. Olimpiādes dalībniekiem vajadzēja aprakstīt un izskaidrot savus novērojumus.



7. att.

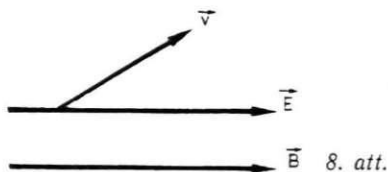
Eksperimentā kivetī ar ferošķidrumu ievietoja diaprojektorā «Этюд» un uz ekrāna projicēja ainu, kas attēloja hidrodinamiskos procesus kivetē.

Bija vērojams, ka, tuvinot magnētu kivetes kreisajai malai, šķidrums kivetē kļuva caurspīdīgāks un vispirms tajā sākas intensīva samērā sīkas struktūras šķidruma maisīšanās, bet neliels daudzums vēlāk izveidojas relatīvi liels virpulis (7. att. b, c). Pēc zināma laika, kad ferodaļiņas nosēdušās, šķidruma kustība izbeidzas (7. att. d).

(Šo uzdevumu piedāvāja un formulējumu izstrādāja LPSR ZA Fizikas institūta līdzstrādnieki A. Čuhrovs un M. Majorovs.)

14. uzdevums (11. L, 10. K)

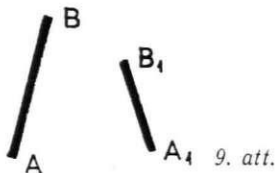
Telpā, kurā elektriskā lauka intensitātes vektors \mathbf{E} un magnētiskā lauka indukcijas vektors \mathbf{B} ir paralēli, kustas negatīvi lādēta daļiņa. Tās ātrums \mathbf{v} sākotnējā momentā veido



leņķi α ar vektoriem \mathbf{E} un \mathbf{B} (8. att.). Noteikt, kādu apriņņojumu skaitu n ap vektoru \mathbf{E} un \mathbf{B} virzienu veiks lādētā daļiņa līdz brīdim, kad tās ātruma projekcija uz šā virziena kļūs vienāda ar 0.

15. uzdevums (11. L, 10. K)

9. attēlā parādīts priekšmets AB un plānas lēcas veidotais tā attēls A_1B_1 . Atrodiet lēcas stāvokli un uzzīmējiet staru gaitu.



ATRISINĀJUMI UN NORĀDIJUMI

8. uzdevums

Lodīte, kritot no augstuma H , iegūst tādu ātrumu v , ka

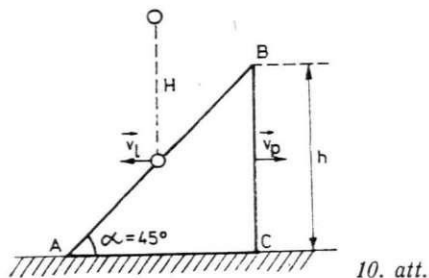
$$H = \frac{v^2}{2g}. \quad (1)$$

Pēc sadursmes lodīte iegūst horizontālā virzienā vērstu ātrumu v_1 (leņķis pie prizmas virsotnes 45°), bet prizma — tam pretējā virzienā vērstu ātrumu v_p (10. att.).

Pēc impulsa un enerģijas saglabāšanas likumiem, pieņemot, ka prizma sadursmes brīdī ir nekustīga, var rakstīt:

$$mv_1 = -Mv_p, \quad (2)$$

$$mv^2 = mv_1^2 + Mv_p^2. \quad (3)$$



No (2) un (3) iegūstam

$$v = v_1 \sqrt{1 + \frac{m}{M}}. \quad (4)$$

Lodīte punktu A sasniegs laikā t , kritot no augstuma $h/2$. Tāpēc

$$t = \sqrt{\frac{h}{g}}. \quad (5)$$

Lodīte kustas attiecībā pret punktu A ar ātrumu v' :

$$v' = |v_1| + |v_2| = v_1 \left(1 + \frac{m}{M}\right). \quad (6)$$

Tāpēc laikā t tā nolidos horizontālā virzienā attālumu $h/2$:

$$\frac{h}{2} = v't. \quad (7)$$

No (5)—(7) iegūstam:

$$v_1 = \frac{\sqrt{gh}}{2\left(1 + \frac{m}{M}\right)}. \quad (8)$$

Ievietojot (8) izteiksmē (3) un pēc tam (1), atrodam:

$$H = \frac{h}{8\left(1 + \frac{m}{M}\right)} = 2 \text{ (cm)}. \quad (9)$$

9. uzdevums

Traukā esošā maisījuma temperatūras izmaiņa, māla daļiņām nosēžoties, saistīta ar sistēmas (ūdens+māla daļiņas) potenciālās enerģijas izmaiņu.

Māla daļiņām nosēžoties, samazinās māla masas centra augstums. Līdz ar to samazinās māla daļiņu kopējā potenciālā enerģija.

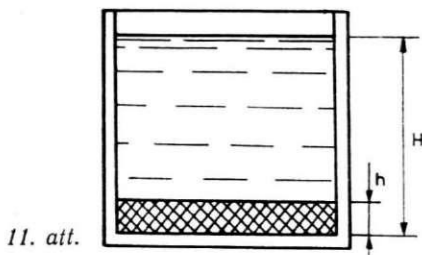
Māls izspiež ūdeni, kura masas centrs paceļas augstāk, un rezultātā pieaug ūdens potenciālā enerģija.

Visas sistēmas potenciālās enerģijas izmaiņa ir

$$\Delta U = \Delta U_m + \Delta U_{\bar{u}}, \quad (1)$$

kur ΔU_m un $\Delta U_{\bar{u}}$ — attiecīgi ar mālu un ūdens masas centru stāvokļa izmaiņām saistītas potenciālās enerģijas izmaiņas.

Mālu un ūdens masas centri pirms nosēšanās sakrīta un atradās augstumā $H/2$. Pēc nosēšanās mālu un ūdens masas centri atradīsies attiecīgi augstumā $h/2$ un $(H+h)/2$ (11. att.).



11. att.

Tāpēc

$$\Delta U = \frac{h-H}{2} m_1 g + \left[\frac{H+h}{2} - \frac{H}{2} \right] m_2 g, \quad (2)$$

kur m_1 un m_2 — attiecīgi mālu un ūdens masas.

Nemot vērā, ka $m_1 = k m_2$, no izteiksmes (2) iegūstam

$$\Delta U = \frac{m_2 g}{2} [h(k+1) - kH]. \quad (3)$$

Ja trauka šķērsgriezuma laukums ir S , tad

$$Sh\rho_1 = k(H-h)S\rho_2, \quad (4)$$

kur ρ_1 un ρ_2 — attiecīgi mālu un ūdens blīvumi.

Tā kā mālu blīvums ir divas reizes lielāks nekā ūdens blīvums (dots uzdevuma nosacījumos), no (4) iegūstam

$$h = \frac{kH}{2+k}. \quad (5)$$

Ievietojot (5) izteiksmē (3), atrodam potenciālās enerģijas izmaiņu ΔU :

$$\Delta U = -\frac{km_2 g H}{2(2+k)}. \quad (6)$$

Tā kā $\Delta U < 0$, tad sistēmas potenciālā enerģija, māla daļiņām nosēžoties, samazinās, bet sistēma sasilst.

Ja visa potenciālās enerģijas izmaiņa (trauks termoisolēts) izraisa sasilšanu, tad pastāv sakarība

$$\Delta U = (C_1 m_1 + C_2 m_2) \Delta t. \quad (7)$$

Nemot vērā, ka $C_2 = 2C_1$ (C_1 un C_2 — māla un ūdens siltumietilpība), no (5) un (4) atrodam

$$\Delta t = \frac{kgH}{2C_1(k+2)^2}. \quad (8)$$

Novērtēsim kvantitatīvi Δt reāli iespējamai sistēmai, pieņemot, ka $k=2$, $H=1$ m un $C_1 = 2100$ J/(kg·K). Tad $\Delta t \sim 3 \cdot 10^{-4}$ K.

10. uzdevums

Sistēmas sākotnējā stāvoklī, ja temperatūra ir T un spiediens p_1 , pastāv līdzsvars un p_1 vienāds ar gaisa un piesātinātu ūdens tvaiku parciālo spiedienu summu (ūdens tvaiks ir piesātināts, jo trauka dibenā ir nedaudz ūdens). Tāpēc

$$p_1 = p_g + p_{\bar{u}} = 3 \text{ atm}. \quad (1)$$

Palielinot tilpumu divas reizes, ūdens tvaika parciālais spiediens nemainās (piesātinātā stāvoklī parciālais spiediens nav atkarīgs no tilpuma), bet gaisa parciālais spiediens samazinās divas reizes (process izotermisks). Tātad

$$p_2 = p_{\bar{u}} + \frac{p_g}{2} = 2 \text{ atm}. \quad (2)$$

No (1) un (2) iegūstam, ka $p_{\bar{u}} = 1 \text{ atm} \cong 10,1 \cdot 10^4$ Pa.

Redzam, ka piesātināto ūdens tvaiku spiediens vienāds ar atmosfēras spiedienu. Tāpēc temperatūra $T = 100^\circ\text{C}$ (373 K).

Noteiksim gaisa un ūdens masas.

Tā kā otrajā stāvoklī gaisam un ūdens tvaiķiem visi parametri vienādi, tad no Mendeļejeva—Klapeirona vienādojuma izriet, ka gan gaisam, gan ūdenim molu skaits ir vienāds. Ja normālos apstākļos 1 molu gāzes aizņem tilpumu $V_0=22,4$ l, tad var rakstīt, ka

$$\frac{\rho_0 V_0}{T_0} = \frac{\rho_2 V_2}{vT}, \quad (3)$$

kur $\rho_0 = \rho_1 = 1 \text{ atm} = 10,1 \cdot 10^4 \text{ Pa}$, bet v — gaisa un ūdens molu skaits.

$$V_0 = V_1 = \frac{V_2}{2} = 22,4 \text{ l}. \quad (4)$$

Ņemot vērā, ka $T_0 = 273 \text{ K}$ un $T = 373 \text{ K}$, iegūstam:

$$v = \frac{T_0 V_2}{T V_0} = \frac{273}{373} \cdot 2 = 1,46. \quad (5)$$

Tāpēc ūdens un gaisa masas ir attiecīgi $m_{\text{H}_2\text{O}} = 18 \cdot 1,46 = 26,3 \text{ (g)}$ un $m_{\text{g}} = 29 \cdot 1,46 = 42,4 \text{ (g)}$ (ūdens un gaisa mola masas ir 18 g un 29 g).

11. uzdevums

Katls grimš, ja Arhimēda cēlējspēks F_A , kas darbojas uz katlu, būs mazāks par katla un tajā esošā ūdens smaguma spēku. Tāpēc robežstāvoklī nosaka vienādība

$$F_A = mg. \quad (1)$$

Pēc Arhimēda likuma, F_A vienāds ar ķermeņa izspiestā ūdens svaru:

$$F_A = \rho_{\text{H}_2\text{O}} g V', \quad (2)$$

kur $\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ — ūdens blīvums, g — brīvās krišanas paātrinājums, bet

$$V' = V_1 + V_{\text{Al}} \quad (3)$$

(V_1 — katlā esošā gaisa tilpums, V_{Al} — tā alumīnija tilpums, no kura izgatavots katls).

Ja katla masa ir m , bet ρ_{Al} — alumīnija blīvums, tad

$$V_{\text{Al}} = \frac{m}{\rho_{\text{Al}}}. \quad (4)$$

Katlā esošā saspiestā gaisa daudzumu V_1 nosakām pēc Boila—Mariota likuma (pieņē-

mam, ka katla grimšana ir izotermisks process):

$$\rho_0 V = (\rho_0 + \rho_{\text{H}_2\text{O}} g H) V_1, \quad (5)$$

kur ρ_0 — atmosfēras spiediens, bet H — iegremdējums (ja to mēri starp divām ūdens virsmām — ūdenskrātuves un katlā ieplūdušā ūdens virsmu).

Ņemot vērā (1)—(5) un izpildot vienkāršus pārveidojumus, varam atrast

$$H = \rho_0 \frac{\rho_{\text{Al}} \rho_{\text{H}_2\text{O}} V - m (\rho_{\text{Al}} - \rho_{\text{H}_2\text{O}})}{m \rho_{\text{H}_2\text{O}} g (\rho_{\text{Al}} - \rho_{\text{H}_2\text{O}})}. \quad (6)$$

Ievietojot izteiksmē atbilstošās skaitliskas vērtības: $\rho_0 \approx 10^5 \text{ Pa}$, $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 10^3 \text{ kg/m}^3$, $\rho_{\text{Al}} = 2400 \text{ kg/m}^3$, $g \approx 10 \text{ m/s}^2$, iegūstam $H \approx 76$ metri.

12. uzdevums

Stacionārā stāvoklī, kad beidzies pārejas process un lādiņi kondensatoros sasnieguši savas nemainīgās vērtības, caur rezistoru R strāva neplūst. Tas ir, mezglu punktu A un B potenciāli ir vienādi. Ja tā, tad varam iedomāties, ka tie savienoti «uz īso».

Tādā gadījumā kondensatora C_1 lādiņš pirms vizlas plāksnītes iebīdīšanas ir

$$q_1 = C_1 E_1, \quad (1)$$

bet pēc vizlas plāksnītes iebīdīšanas tas ir

$$q_2 = \epsilon C_1 E_1. \quad (2)$$

Minēto lādiņu starpība Δq arī ir tā, kas izplūst caur rezistoru R pārejas procesa laikā. Tas ir,

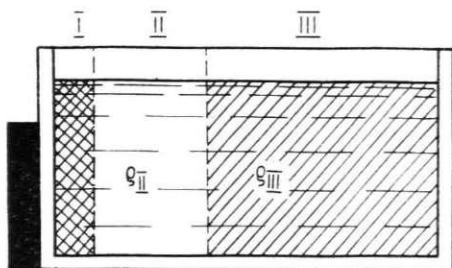
$$\Delta q = q_2 - q_1 = (\epsilon - 1) C_1 E_1. \quad (3)$$

Kā redzam, šī starpība no E_2 un C_2 nav atkarīga.

13. uzdevums

Ūdens un smalko feromagnētiskā materiāla daļiņu maisījums veido homogēnu suspensiju, kurai piemīt feromagnētiskās īpašības.

Tuvinot kivetēi magnētū, feromagnētiskās daļiņas no magnētām tuvākā rajona pievelkas pie tā (12. att., *zona I*).



12. att.

Rezultātā izveidojas šķidrums zona (12. att., II), kurā feromagnētiskā materiāla daļiņu koncentrācija (un arī šķidrums blīvums) ir mazāka nekā pārējā šķidrums daļā, t. i., $\rho_{II} < \rho_{III}$.

Zonā III esošais blīvākais ferošķidrums cenšas ieņemt stāvokli ar mazāku potenciālo enerģiju — tas ieplūst zonas II apakšējā daļā, izspiežot no tās mazāk blīvo, ferodaļiņām nabadzīgāko šķidrums. Rezultātā sākas un pakāpeniski attīstās novērotā šķidrums virpuļveida konvekcija (sk. 7. att. a, b, c).

Mazo virpuļu veidošanās procesā sava loma ir plūsmām, kas rodas, feromagnētiskajām daļiņām tuvojoties magnētam.

Kad visas ferodaļiņas ir vai nu pievilkušās pie magnēta, vai gravitācijas spēku ietekmē nosēdušās trauka dibenā, šķidrums konvekcija beidzas (sk. 7. att. d).

14. uzdevums

Aplūkosim lādētās daļiņas ātruma vektora magnētiskajam laukam paralēlo ($v_{||}$) un perpendikulāro (v_{\perp}) komponentu. Tie ir attiecīgi

$$v_{||} = v \cos \alpha \text{ un } v_{\perp} = v \sin \alpha \quad (1)$$

(v — ātruma vektora modulis).

Elektriskajā laukā negatīvi lādētā daļiņa kustas palēnināti tā, ka tās paātrinājuma vektora a modulis ir

$$a = \frac{|q|E}{m}, \quad (2)$$

kur q — daļiņas lādiņš, m — daļiņas masa.

Tāpēc laiks, kāds paiet, līdz daļiņas ātruma projekcija uz lauka virziena kļūst vienāda ar 0, ir

$$t = \frac{v_{||}}{a} = \frac{v \cos \alpha}{qE}. \quad (3)$$

Lorenca spēka ietekmē daļiņa kustas arī pa riņķa līniju ap magnētiskā lauka vektora virzienu tā, ka

$$\frac{mv_{\perp}^2}{R} = qv_{\perp} B, \quad (4)$$

kur B — magnētiskā lauka indukcija, bet R — riņķa rādiuss.

Izsakot rādiusu, iegūstam

$$R = \frac{mv_{\perp}}{qB}. \quad (5)$$

Tāpēc daļiņas apriņņojuma periods ir

$$T = \frac{2\pi R}{v_{\perp}} = \frac{2\pi m}{qB} \quad (6)$$

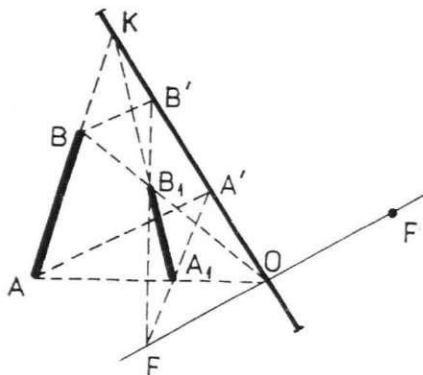
un meklētais apriņņojumu skaits

$$n = \frac{t}{T} = \frac{Bv \cos \alpha}{2\pi E}. \quad (7)$$

15. uzdevums

Piedāvātajā uzdevumā tiešs un samazināts priekšmeta attēls var tikt iegūts tikai ar izkliedējošu lēcu. Atradīsim tās stāvokli.

Gaismas stari AA_1 un BB_1 , kas iet caur priekšmeta un attēla galapunktiem (13. att.),



13. att.

krustojas lēcas centrā O (gaismas stari, kas iet caur jebkuru plānas lēcas centru, netiek lauzti).

Ņemot vērā parādīto priekšmeta un tā attēla stāvokli, var secināt, ka priekšmets novietots slīpi attiecībā pret lēcu.

Tāpēc otru lēcas punktu, kas nepieciešams tās stāvokļa noteikšanai, atradīsim, pagarinot priekšmetu AB un tā attēlu A_1B_1 līdz to krustpunktam K , kas atrodas uz lēcas.

Tādējādi lēcas centrs un tā novietojums ir atrasti.

Varam zīmēt staru gaitu.

Stari, kas iet paralēli galvenajai optiskajai asij (vai tās turpinājumam), krustojas fokusā. Šai uzdevumā staru AA' un BB' (perpendikulāri lēcai) turpinājumi ir stari $A'F$ un $B'F$, kuri krustojas fokusā F .

L. Šmits

PĀRRUNAS PAR ENERĢIJAS PLŪSMĀM

(2. turpinājums)

TERMISKĀ BERZE — EKSERĢIJAS KAPS

Mēģināsim atrisināt šādu uzdevumu. Pieņemsim, ka dota siltuma plūsma $\vec{Q} = T\vec{S}$. (Punkts virs burta nozīmē, kā jau aizrādīts, atvasinājumu pēc laika.) Kāda ir maksimālā mehāniskās jaudas vērtība, ko varam iegūt, pārveidojot šo plūsmu?

Mēs atceramies, ka maksimāli iespējamo darbu nosaka sistēmas ekserģija, bet jaudu — ekserģijas plūsma. Salīdzinādami izteiksmes (1) un (8), redzam, ka ekserģijas plūsmu izsaka formulas (8) pēdējais saskaitāmais, reizināts ar laukumu, caur kuru plūst vektora \mathbf{j}_s plūsma (vai integrēts pa šo laukumu), t. i., šī plūsma ir $(T - T_0)\vec{S}$. Ja esam to sapratuši, tad esam arī atrisinājuši nupat kā formulēto uzdevumu.

Izteiksmju (8) un (1) pēdējo saskaitāmo attiecību, t. i., ekserģijas un siltuma plūsmu attiecību

$$\eta_c = 1 - T_0/T, \quad (9)$$

sauc par ekserģētisko temperatūrfunkciju; vienlaicīgi šī attiecība ir arī ideālas siltummašīnas lietderības koeficients.

Entropijas rašanās (vai, labāk sakot, palielināšanās) ir raksturīga visiem enerģijas pārveidošanas procesiem. Tās izraisītāja ir tā sauktā vispārinātā berze (ne vien mehāniskā, piemēram, vagonu riteņu berze gar slieđēm, berze gultņos, gaisa pretestība, ūdens berze gar caurules sienām, utt., pie kā mēs visi jau esam pieraduši); šajā jēdzienā ietilpst arī «elektriskā berze» — zudumi vadu elektriskās pretestības dēļ (var iedomāties, ka lādiņi pārvietojoties «beržas» gar vada materiāla atomiem) un «termiskā berze», kas izpaužas visos gadījumos, kad siltums pāriet no augstākas temperatūras siltumneša uz kādu citu zemākas temperatūras siltumnesi.

Mēģināsim tagad padziļināt mūsu zināšanas vektoru rēķinos un tā pārveidot izteiksmi (1), lai varētu aprēķināt «vispārinātās berzes» izraisītos zudumus, resp., entropijas palielināšanās pakāpi. Lai nebūtu jāmeklē vajadzīgais «Zvaigžņotās Debess» numurs, uzrakstīsim svarīgo formulu (1) vēlreiz:

$$\vec{\delta} = \varphi \mathbf{j}_Q + (\rho v^2/2 + p) \mathbf{v} + \mu \mathbf{j}_M + T \mathbf{j}_S.$$

Aplūkosim tikai stacionāru procesu, kurā visi atvasinājumi pēc laika ir vienādi ar nulli. Šai gadījumā (sk. arī (3)) vektora $\vec{\delta}$ diverģence ir vienāda ar nulli, jo $\vec{\delta}$ ir enerģijas plūsmas blīvuma vektors un enerģijas nezūdamības likums, bez šaubām, ir spēkā.

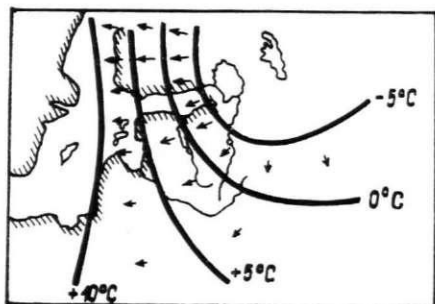
Jāuzsver, ka zudumu analīzei jāizmanto tieši sakarība (1), nevis (8), jo nezūdamības likums ir spēkā tikai pirmajai no tām.

Izteiksmes (1) labās puses visi četri saskaitāmie ir kāda skalāra (potenciāla φ utt.) un vektoriāla lieluma (j ar atbilstošajiem indeksiem vai arī \mathbf{v}) reizinājumi, tātad — vektori; turklāt abi reizinātāji ir koordinātu funkcijas (sk. arī turpmāk). Matemātikas rokasgrāmātās var atrast vispārīgu formulu, ar kuru aprēķināma tāda reizinājuma diverģence (lietotim vispārīgu apzīmējumu a skalārajam lielumam):

$$\operatorname{div} (a\mathbf{j}) = a \operatorname{div} \mathbf{j} + \mathbf{j} \operatorname{grad} a. \quad (10)$$

Tātad mēs iepazīstamies ar jaunu diferenciālo operatoru — gradientu (grad), kuru piemēro skalāram laukam, iegūstot — šā operatora darbības rezultātā — vektoru lauku. (Tātad salīdzinājumā ar diverģenci «viss ir otrādi»: diverģenci aprēķinām vektoru laukam, bet pati tā ir skalārs lielums.) Ja sakām, ka a veido skalāru lauku, tad tas nozīmē, ka ikvienā telpas punktā ir dota kāda noteikta a vērtība, t. i., skalārais lielums a ir telpisko koordinātu (piemēram, Dekarta koordinātu x , y un z) funkcija ($a=a(x, y, z)$). Vektors grad a raksturo izmaiņu telpā: tas ir vērsts a visātrākās (telpiskā nozīmē) pieaugšanas virzienā un skaitliski (pēc absolūtās vērtības jeb moduļa) ir vienāds ar a skaitliskās vērtības izmaiņu uz garuma vienību. Dekarta koordinātās vektora grad a komponentes ir $\partial a/\partial x$, $\partial a/\partial y$, $\partial a/\partial z$.

Centrālajā presē diezgan bieži publicē shematisku PSRS karti, kurā redzamas tā sauktās izobāras — liknes (reizēm tās ir noslēgtas), kas savieno savā starpā vietas ar vienādu atmosfēras spiedienu. Šāda karte palīdz orientēties laika prognozē. Mūsu 6. attēls ir līdzīgu likņu — izotermu — piemērs (kā pašas liknes, kas iet caur vietām ar vienādu temperatūru, tā arī temperatūras skaitliskās vērtības ir tīri ilustratīvas). Šī ilustrācija ļauj izveidot priekšstatu par temperatūras — skalāra lieluma — gradientu (uz zemeslodes virsmas), vektoru, kas katrā punktā vērsts perpendikulāri šīm izotermām. Jo tās tuvākas cita citai, jo lielāka ir gradienta skaitliskā



6. att. Temperatūras gradients (shematiska ilustrācija).

vērtība; tas mūsu shematiskajā zīmējumā parādīts ar attiecīgi pagarinātām bultiņām, kuras izvietotas tuvāk cita citai.

Formulas (10) pirmais saskaitāmais ir divu skalāru lielumu reizinājums, bet otrais — divu vektoru, j un grad a , skalārais reizinājums, * $j \text{ grad } a \cos \alpha$. Vektoru skalārās reizināšanas darbību reizēm apzīmē arī ar punktu (sk., piemēram, izteiksmi (4)); šeit un turpmāk vienkāršības dēļ punktu nelietosim.

Formulā (1) ietilpst vektori j_Q un j_M , kuru diverģence ir vienāda ar nulli (sk. arī (2)). Tāpat vienkāršības labad pieņemam, ka $\text{div } \mathbf{v} = 0$, kas, stingri ņemot, ir spēkā tikai nesaspiežamai videi. Bet, ja ātrums ir mazs salīdzinājumā ar skaņas ātrumu, vides (gāzes) saspiežamība izpaužas maz.

Tālāk: $\text{div } j_s = \sigma_s$, kur σ_s ir mūs interesējošais lielums — entropijas rašanās, vai, labāk sakot, pieaugšanas, intensitāte.

Tātad aprēķinām izteiksmes (1) diverģenci, izmantojot formulu (10); summas diverģence, bez šaubām, ir tās saskaitāmo diverģenču summa, tāpēc ka diferenciālo operators div ir lineārs:

$$0 = j_Q \text{ grad } \varphi + \mathbf{v} \text{ grad } (\rho v^2/2 + p) + j_M \text{ grad } \mu + j_s \text{ grad } T + T \sigma_s$$

jeb

$$-T \sigma_s = j_Q \text{ grad } \varphi + \mathbf{v} \text{ grad } (\rho v^2/2 + p) + j_M \text{ grad } \mu + j_s \text{ grad } T. \quad (11)$$

Noslēgtā, izolētā sistēmā visas plūsmas, kuru blīvuma vektori ir trīs j un \mathbf{v} formulā (11), ir vērstas potenciālu samazināšanās virzienā: tās ir plūsmas, ko izraisa šie gradienti un kas raksturo zudumus «vispārinātās ber-

* Saskaņā ar skalārā reizinājuma veidošanas kārtulu a ir leņķis starp vektoriem j un grad a . Var arī teikt, ka skalārais reizinājums ir divu moduļu reizinājums: viens no tiem ir viena (vienalga kura) vektora modulis, otrs — modulis otrā vektora projekcijai uz pirmo. Ja vektori projicējas viens uz otru, t. i., ja leņķis starp tiem ir šaurs, to skalārais reizinājums ir pozitīvs; ja tie projicējas viens uz otra turpinājumu (leņķis ir plats), tas ir negatīvs.

Var runāt arī par virzienu sakrišanu resp. nesakrišanu vienam no vektoriem un otra vektora projekcijai uz to.

zes» dēļ. Tāpēc formulas (11) visi četri labās puses saskaitāmie ir negatīvi (leņķis starp vektoriem lielāks par 90°), bet entropijas pieaugums σ_S ir pozitīvs — pilnīgā saskaņā ar otro termodinamikas likumu.

Pirmais saskaitāmais j_Q grad φ ir «elektriskās berzes» izraisīto elektrisko zudumu (Džoula siltuma) blīvums: kā jau teikts, varam pieņemt, ka metāliskā vadītājā elektroni «beržas» gar kristālrežģi, bet, piemēram, elektrolītā vai plazmā lādiņnesēji «beržas» gar neitrālajām daļiņām. (Vienkāršākajā gadījumā elektriskā lauka intensitāte $E = -\text{grad } \varphi$ un Oma likums diferenciālfarmā ir $j_Q = \sigma E$, kur σ ir vides vadītspēja.)

Otrais saskaitāmais ir tā siltuma («zudumu siltuma») izdalīšanās blīvums, kura cēlonis ir mehāniskā berze. Turklāt vienā vai otrā procesā viens no iekavās esošajiem saskaitāmajiem var būt dominējošais. Piemēram, triecienvilnī tādas gāzes plūsmā, kuras ātrums ir liels, krasi, relatīvi mazā attālumā, samazinās gāzes ātrums, tā ka grad $(\rho v^2/2)$ ir liels. Reizēm šādu triecienvilni sauc par «sablīvējuma lēcieni». Entropijas pieaugšana tajā (sk. (11)) ir intensīva. Tas, piemēram, ir galvenais faktors, kas nosaka lielo degvielas patēriņu virsskaņas lidmašīnās.

Turpretī ūdensvada caurulē zudumos transformējas tā enerģijas daļa, kurai atbilst saskaitāmais v grad p ; tiesa, tas notiek ar plūsmas kinētiskās enerģijas starpniecību. Proti, tilpuma vienības kinētiskā enerģija ir $\rho v^2/2$, un tā pilnīgi pāriet siltumā (turbulentās berzes dēļ) tādā caurules posmā, kura garums ir dažī desmiti caurules diametru. Reāla ūdensvada caurule ir daudz garāka; tomēr ūdens plūsma tajā nespējās ik pēc dažiem desmitiem diametru, tāpēc ka plūsmas kinētisko enerģiju visu laiku «atjauno» un uztur praktiski nemainīgā līmenī (protams, ja nemainās caurules diametrs, ja tā nesazarojas u. tml.) potenciālā enerģija (spiediena enerģija).

Trešais saskaitāmais j_M grad μ raksturo dažādu ķīmisko vielu plūsmu sajaukšanās siltumu (resp. tā blīvumu) jeb tā saukto ķīmisko berzi. Detalizēta šī lieluma analīze ir sarežģīta.

Pēdējais, ceturtais, saskaitāmais j_S grad T ir interesants ar to, ka ilustrē entropijas plūsmas īpatnību intensificēt pašai sevi — gadījumā ja šī plūsma pastāv vidē ar nehomogēnu temperatūras sadalījumu (un vai gan kādreiz ir citādi?):

$$\sigma_S = - (j_S/T) \text{ grad } T. \quad (12)$$

Ja, piemēram, enerģijas pārvade notiek cietā vielā, tad siltuma plūsmas blīvums ir

$$T j_S = -\lambda \text{ grad } T, \quad (13)$$

kur λ ir vielas siltumvadītspēja (siltumvadīšanas koeficients). Tātad entropijas pieaugšanas intensitāte

$$\sigma_S = \lambda (|\text{grad } T|/T)^2. \quad (14)$$

Mēs esam pārliecinājušies par to, ka entropija pieaug jo straujāk, jo nevienmērīgāks ir temperatūras sadalījums.

Tātad vēlreiz: formulas (11) visi četri saskaitāmie raksturo «vispārinātās» (elektriskās, mehāniskās, ķīmiskās, termiskās) berzes izraisīto siltumu, «siltuma zudumus» (resp., šīs izdalīšanās telpisko blīvumu, siltumu tilpuma vienībā).

Dažreiz to sauc par enerģijas dispārijas (izkliedes) rezultātā radušos siltumu, bet tā rašanās procesu — par enerģijas dispāciju.

Ideāla siltummašīna tātad ir mašīna bez vispārinātās berzes, kurā entropija nepieaug. Tādā mašīnā darba ķermeņa temperatūra mainītos tikai tā tilpuma mainīšanās rezultātā, siltuma pārvade notiktu ļoti mazu temperatūras starpību dēļ, berze gultņos (utt.) būtu likvidēta, bet dažādu ķīmisko vielu sajaukšanās nenotiktu nemaz; nedrīkstētu notikt arī degšanas procesi. Dažreiz procesus tādā ideālā mašīnā sauc par atgriezeniskiem procesiem; to virziens var būt abējāds, t. i., enerģija vienādi efektīvi var pārveidoties (pārvērsties) no siltuma enerģijas mehāniskajā enerģijā un otrādi.

Tomēr visi reālie procesi ir neatgriezeniski, tāpēc ka pastāv berze un sakarā ar to entropija pieaug.

(Turpinājums nākamajā numurā)



STARPTAUTISKA APSPRIEDE PAR SAULES MAKSIMUMA GADA REZULTĀTU ANALIZI

Pagājušā gada 17.—21. jūnijā Irkutskā uz PSRS ZA Sibīrijas nodaļas Irkutskas centra bāzes notika Saules pētniekiem ļoti svarīga sanāksme — starptautiska apspriede par Saules maksimuma gada¹ rezultātu analīzi. Apspriedes tiešie rīkotāji un saimnieki bija PSRS ZA Sibīrijas nodaļas Zemes magnetisma, jonosfēras un radioviļņu izplatīšanās institūta, tā sauktā SibIZMIR², zinātniskie līdzstrādnieki, kas pagājušā gadā atzīmēja sava institūta pastāvēšanas 25 gadu jubileju un šajā laikā guvuši plašu atzinību iemantojušus panākumus Saules fizikas un Saules aktivitātes problēmu risināšanā.

Irkutskas sanāksme bija jau sestā starptautiskā apspriede, kura veltīta Saules maksimuma gadā realizētās

¹ Sk. Balklavs A. Starptautiska zinātnisko pētījumu programma «Saules maksimuma gads». — Zvaigžņotā Debess, 1980. gada vasara, 14.—16. lpp.

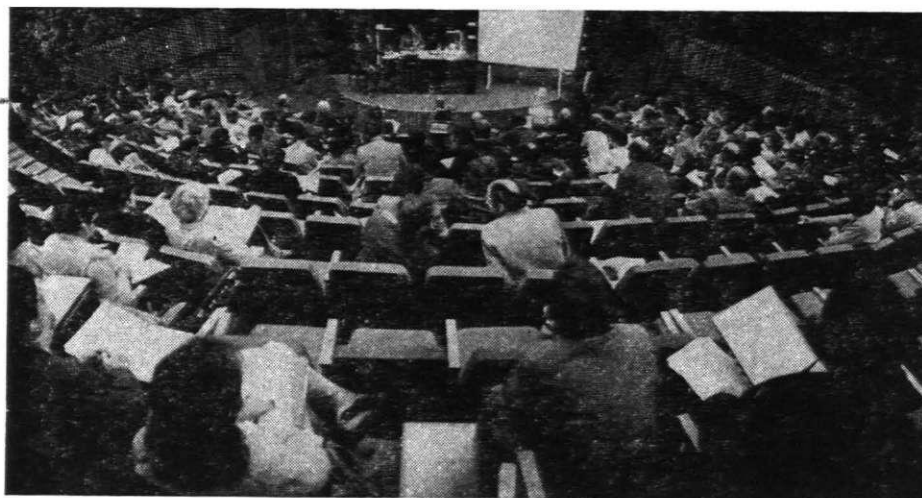
² Abreviatūra no institūta nosaukuma krievu valodā: Сиби́рский институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн.

plašās starptautiskās kooperācijas ietvaros paredzētās novērojumu programmas rezultātu analīzei, kas norāda uz veiktā darba aktualitāti un ļoti lielo nozīmību. Apspriedē piedalījās lielākā daļa no Saules aktivitātes pētnieku ievērojamākajām autoritātēm pasaulē, viņu vidū PSRS ZA koresp. loc. V. Stepanovs, prof. M. Kundu (ASV), prof. M. Driers (ASV), prof. G. Kočarovs (PSRS ZA Fizikāli tehniskais institūts), prof. E. Prīsts (Anglija) un citi. Dalībnieku skaits sasniedza ap 300, tai skaitā ap 80 ārzemju zinātnieku no 16 kapitālistiskajām un socialistiskajām valstīm, kas pārstāvēja 52 ārvalstu observatorijas un dažādas zinātniskās pētniecības iestādes, un ap 200 padomju speciālistu no 37 PSRS observatorijām un dažādām zinātniskās pētniecības iestādēm. Lielākās ārzemju delegācijas bija atsūtījušas ASV, Anglija, Polija, Japāna, Itālija, Ungārija, VDR, Čehoslovākija un Ķīna. Latvijas PSR ZA Radioastrofizikas observatoriju apspriedē pārstāvēja Saules fizikas daļas vadītājs fizikas un matemātikas zin. kand. V. Locāns, šīs pašas daļas jaun. zin. līdzstrādniece J. Averjaņihina un šo rindu autors.

Kā rāda Saules maksimuma gada rezultātu analīze, tad Saules maksimuma gada programmu un tās realizēšanu var uzskatīt par vienu no plašāko un auglīgāko starptautisko zinātnisko sadarbību piemēriem. Kom-

plekso un ļoti koordinēto Saules novērojumu rezultātā iegūts ļoti apjomīgs un ārkārtīgi vērtīgs materiāls par visām nozīmīgākajām Saules aktivitātes parādībām un sevišķi jau par atsevišķiem Saules uzliesmojumiem un to dažādajām fāzēm. Detalizēti izsekoti daudzi uzliesmojumi gan pirmsuzliesmojuma, gan uzliesmojuma, gan pēcuzliesmojuma stadijā. Tas viss izdarīts plašā Saules generētā elektromagnētiskā starojuma spektra diapazonā no radioviļņiem līdz rentgena un gamma stariem ieskaitot, ar lielu telpisko, laicisko un frekvenču izšķirtspēju, izmantojot vismodernākās astrofizikālās metodes un aparāturu — arī ļoti lielas bāzes radiointerferometrus (augstas telpiskās jeb leņķiskās izšķirtspējas nodrošināšanai radiodiapazonā) un specializētos ZMP (Saules novērojumiem ultravioletajā, rentgena un gamma staru diapazonos). Tas viss ļāvis sasniegt ievērojamu progresu mūsu uzskatos par Saules aktivitātes procesiem un parādībām.

Irkutskas sanāksmē gan nolasītu, gan stenda referātu veidā tika apspriests ap 190 referātu un ziņojumu. Tematiski tos var apvienot trijās grupās: magnētisko lauku pārsavienošānās, pātrināšanās procesi un starplanētu mākoņu dinamika un triecenviļņi. Lielākā daļa (ap 100) referātu bija veltīta magnētiskā lauka pārsavienošānās problēmai, ko var uzskatīt par izšķirošo ar Sau-



1. att. Apspriedes kopskats.

les uzliesmojumiem saistīto problēmu kompleksā. Irkutskas apspriede liecināja, ka Saules maksimuma gadā iegūto novērojumu un šo novērojumu rezultātu interpretācijas gaitā ir izdevies panākt ievērojamu progresu daudzdu svarīgu jautājumu risināšanā un izveidot jau visai adekvātus, t. i., ar novērojumu datiem saskanīgus, vai vismaz nepretrunīgus priekšstatus par šīs pārsavienošanās parādības dabu.

Par magnētisko pārsavienošanās parasti sauc tādu divu vai vairāku magnētisko plūsmu mijiedarbību, kuras rezultātā notiek magnētiskā lauka disipācija, resp., transformēšanās citās enerģijas formās. Magnētiskā lauka pārsavienošanās parādība, kā zināms, ir saistīta tikai ar plazmu. Vakuumā divu vai vairāku magnētisko plūsmu tuvošanās vai attālināšanās izraisa tikai kopējās magnētiskās plūsmas izmaiņas, bet ne magnētiskā lauka disipāciju. Plazmas, resp., elektrovadošas vides, klātbūtnē parādību raksturs būtiski pārveršas. Divu vai vairāku

magnētisko plūsmu savstarpējā stāvokļa izmaiņa, kā tas notiek uz Saules tai raksturīgo daudzveidīgo mehānisko kustību (konvekcija, diferenciālā rotācija, plankumu rotācija un pārbīdes u. c.) dēļ, izraisa ne tikai sarežģītu un nelīdzsvarotu magnētiskā lauka konfigurāciju rašanos³, bet arī tādas ļoti specifiskas parādības kā tā sauktā strāvas slāņa⁴ ģenerēšanos. Strāvas slānis savā būtībā ir ļoti nestabils veidojums, t. i., tā eksistence ir atkarīga no vairākām nestabilitātem (Tjūringa, Pečeka u. c.). Proti, ja plazmā plūst strāva, tad, kā viegli saprast, tā silst Džoula zudumu dēļ, jo Saules plazmas

vadītspēja, kaut arī ļoti liela, tomēr ir galīga. Šāda silšana, kā rāda pētījumi, pietiekami strauju izmaiņu, resp., kustību, gadījumā noved pie mikroturbulences attīstības strāvas slāni, kas vēl vairāk samazina šā slāņa vadītspēju. Tas izraisa elektriskā lauka ģenerēšanos un strāvas slāņa nestabilitātes palielināšanos. Nestabilitātes attīstības rezultātā strāvas slānis var pilnīgi vai daļēji sabrukt. Ja strāvas slānis, kas parasti lokalizēts magnētisko cilpu augšdaļā, tātad koronā, sabrūk, rodas triecienviļņi, kuri izplatās gan paralēli, gan perpendikulāri magnētiskā lauka spēka līnijām.

Šo triecienviļņu frontēs strauji paaugstinās temperatūra (līdz $3-4 \cdot 10^7$ K) un, kā labi zināms, ļoti efektīvi notiek plazmas daļiņu paaugstināšana līdz ļoti lielai, šai augstajai temperatūrai atbilstošai enerģijai. Triecienviļņi, kuri izplatās paralēli magnētiskā lauka spēka līnijām, viens — uz augšu, uz koronu, bet otrs uz leju, uz fotosfēru, ja tie ir pietie-

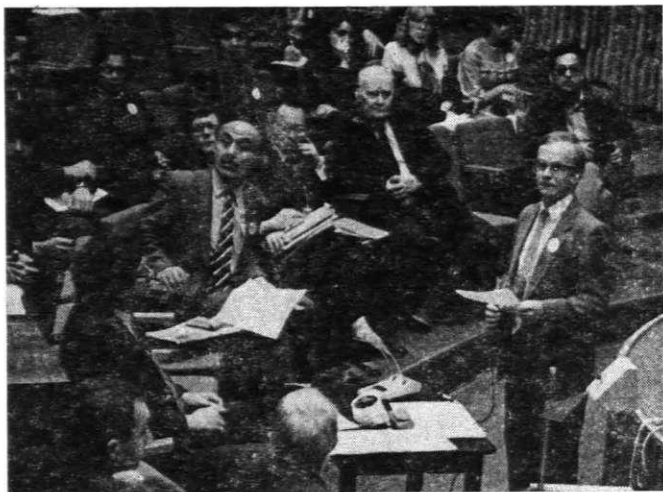
³ Jāņem vērā, ka plazmas lielās vadītspējas dēļ uz Saules magnētiskais lauks ir «iesaldēts» plazmā, resp., kustas līdz ar plazmu.

⁴ Sk., piem.: Balclavs A., Sermulinš V., Spektors A. Dienas kārtībā kosmiskās fizikas problēmas. — Zvaigžņotā Debess, 1981. gada rudens, 48.—57. lpp.

kami intensīvi, var izraisīt parādību kompleksu, kuru tad arī sauc par Saules uzliesmojumu. Proti, triecienvilnis, kas pārvietojas uz augšu, var izraisīt lādēto daļiņu (elektronu, protonu un arī smagāku elementu kodolu) inžekciju (izšļāšanu) starplanētū telpā, resp., paātrinātu protonu plūsmu jeb tā sauktā protonu uzliesmojuma ģenerēšanu. Uz leju, uz fotosfēru, virzītais triecienvilnis un ar to saistītā paātrināto lādēto daļiņu kūļa ietriekšanās blīvajā hromosfēras un fotosfēras plazmā, savukārt, izraisa šo plazmas slāņu temperatūras strauju paaugstināšanos, plazmas sīļšanu, ko novērojam kā uzliesmojumu optiskajā (piem., H_{α}), rentgena un gamma staru diapazonā.

Visu šo procesu rezultātā notiek magnētisko plūsmu jeb kopējā magnētiskā lauka konfigurācijas vienkāršošanās (relaksācija) — magnētiskā lauka spēka līniju iztaisnošanās, caur laukuma vienību izplūstošo spēka līniju skaita samazināšanās utt. —, ko tad arī sauc par magnētiskā lauka pārsavienošanās jeb anihilācijas⁵ fenomenu. Savukārt, tas, kā redzējam no iepriekšējās analīzes un apraksta, ar magnētiskā lauka un ar tā izmaiņām saistītā un ģenerētā strāvas slāņa starpniecību izraisa siltuma un mehānisko kustību formu un enerģiju (turbulences, konvekcijas, rotācijas, pārbīdes u. c.) transformāciju citās enerģijas formās, piemēram,

⁵ Šādu magnētiskā lauka struktūras vienkāršošanās, un magnētiskā lauka anihilāciju pēcuuzliesmojuma periodam salīdzinājumā ar pirmsuzliesmojuma stāvokli apstiprina daudzu aktīvu, uzliesmojumus devušu Saules apgabalu magnetogrammas.



2. att. Referē prof. E. R. Prists (Sv. Andreja universitāte, Skotija, Lielbritānija.)

lādēto daļiņu virzītā kustībā (arī Saules kosmisko staru ģenerēšanā), elektromagnētiskā starojumā un tā tālāk.

Elektriskais lauks, kas rodas strāvas slānī magnētiskā lauka pārsavienošanās gaitā, kā rāda novērojumi un apstiprina uz iepriekšminēto koncepciju balstīti aprēķini, ir impulsveidīgs. Atkārtotu impulsu sērijās ap 100 s laikā var izdalīties 10^{32} — 10^{33} ergu enerģijas, kas ir raksturīgs Saules uzliesmojumu ģenerētās enerģijas daudzums.

Otra ļoti svarīga atziņa, kas gūta Saules maksimuma gadā iegūto datu analīzes gaitā, ir priekšstats par to, ka mijiedarbība starp magnētisko lauku un plazmas ātrumu lauku uz Saules realizējas noteiktā Saules atmosfēras telpisko struktūru hierarhijā — granulās, supergranulās un gigantiskajās granulās. Uzliesmojumi, kā rāda novērojumi, parasti notiek uz šo struktūru robežām, pa kurām iet magnētiskā lauka neitrālā līnija, kas atdala pretējās polaritā-

tes magnētiskos laukus. Cēlonis ir tas, ka pa šīm robežām iet arī plazmas daļiņu ātrumu lauka tangenciālās komponentes pārvumi un tur rodas virpuļi, kuri izraisa magnētisko lauku savērpšanos (iesaldēšanas parādības dēļ), intensitātes pieaugumu, konfigurācijas jeb struktūras sarežģīšanos un līdz ar to nestabilitātes palielināšanos, kas, kā jau minēts, tiecas relaksēties un vienkāršoties un tātad ir uzliesmojumus veicinošs faktors.

Triecienvilņu koncepcija ļabi izskaidro novērojumu datus par Saules kosmisko staru īpatnībām (protonu un elektronu vienlaicīga paātrināšanās, šo daļiņu enerģētiskā spektra pakāpes funkcijas raksturs u. c.). Šī koncepcija, kā jau teikts, ļabi izskaidro arī novērojamo rentgena un gamma starojumu, kas nāk no blīvajiem fotosfēras slāņiem, kur iesaldētas magnētisko cauruļu pamatnes. Tāpat laboratoriju eksperimenti, kuros ar vismodernākajām plazmas izpētes iekārtām tiek modelēti



3. att. Apspriedes dalībnieki noskatās kāda sibiriešu etnogrāfiskā ansambļa priekšnesumus brīvdabas muzejā Irkutskas tuvumā.

dažādi dinamiski procesi, to vidū arī strāvas slāņa veidošanās un sabrukšana, visumā ļoti apstiprina izstrādāto teoriju secinājumu un priekšstatu pareizību, tā radot vēl lielāku pārliecību par to, ka mūsdienu zinātne ir atradusi pareizu ceļu un ir ievērojami pietuvojusies Saules uzliesmojumu problēmas galīgam atrisinājumam.

Saules maksimuma gadā iegūtie bagātīgie novērojumu dati devuši arī ļoti daudz jauna materiāla par Saules izmesto lādēto daļiņu mākoņu dinamiku un sevišķi jau par triecienviļņu ģenerēšanos Saules vējā un ar to saistītām parādībām. Tas viss ļāvis konkrētizēt un tālāk izstrādāt mūsu priekšstatus par šo ļoti svarīgo

Saules aktivitātes komponentu, kuram, kā ļoti zināms, ir noteicošā loma Saules—Zemes daudzveidīgo sakarību kompleksā, un līdz ar to tā izpēte un uz šīs izpētes balstīto prognostikas metožu izstrādāšana ir vitāli svarīga, lai nodrošinātu daudzu cilvēka saimnieciskās darbības sfēru sekmīgu un efektīvu funkcionēšanu.

Irkutskas apspriedes laikā tās dalībniekiem bija dota iespēja iepazīties arī ar SibIZMIR Baikāla Astrofizikas observatoriju, kurā atrodas viens no lielākajiem un modernākajiem Saules teleskopiem Padomju Savienībā Saules novērošanai optiskajā diapazonā, bet dažiem apspriedes dalībniekiem, arī šo rindu autoram, bija iespēja

pabūt vēl otrā šā institūta novērošanas bāzē — Tunkinas Radioastrofizikas observatorijā, kur uzstādīts un sācis darboties unikāls krustveida radiointerferometrs Saules novērojumiem centimetru viļņu diapazonā.

Kopumā jāatzīst, ka Irkutskas apspriedē nolasītie referāti un ziņojumi, kā arī lieliskā iespēja sēžu pārtraukumos un starplaikā tieši apspriest interesējošos jautājumus ar ievērojamākajiem speciālistiem, deva tās dalībniekiem ļoti daudz jaunas informācijas, kas ļoti noderēs, organizējot turpmāko darbu no visiem viedokļiem ļoti interesantajā un svarīgajā Saules aktivitātes parādību izpētes jomā.

A. Balklavs

ZVAIGŽNOTĀ DEBESS 1986. GADA PAVASARĪ

ZVAIGZNES

1986. gada astronomiskais pavasaris sākas 21. martā 1h03m pēc Maskavas laika, kad Saule savā redzamajā kustībā pa debess sfēru krusto debess ekvatoru un pāriet no dienvidpuslodes ziemeļpuslodē. Šajā dienā Saules deklinācija ir 0°, diena un nakts ir vienādā garumā.

Pavasara sākumā debess vēl ir pietiekami tumša, lai nelielā tālskatī labi saredzētu vājas zvaigžņu kopas un miglājus. Tuvojoties gaisajām naktīm, novērojumu apstākļi pasliktinās.

Zvaigžņu iepazīšanu vislabāk sākt ar Lielo Lāci, kas atgādina kausu. Ja astes vietā iedomājas rokturi, tad pārējās četras zvaigznes (α — Dubhe, β — Meraks, γ — Fekda un δ — Megrecs) veido pašu kausu (sk. 1. att.). Turpinot līniju Meraks—Dubhe, apmēram 30° attālumā ieraudzīsīm Polārzvaigzni — Mazā Lāča α . Tālāk tādā pašā attālumā no Polārzvaigznes atrodas Kasiopejas zvaigznājs, kas atgādina otrādi apgrieztu un pie pamata izstieptu burtu «M».

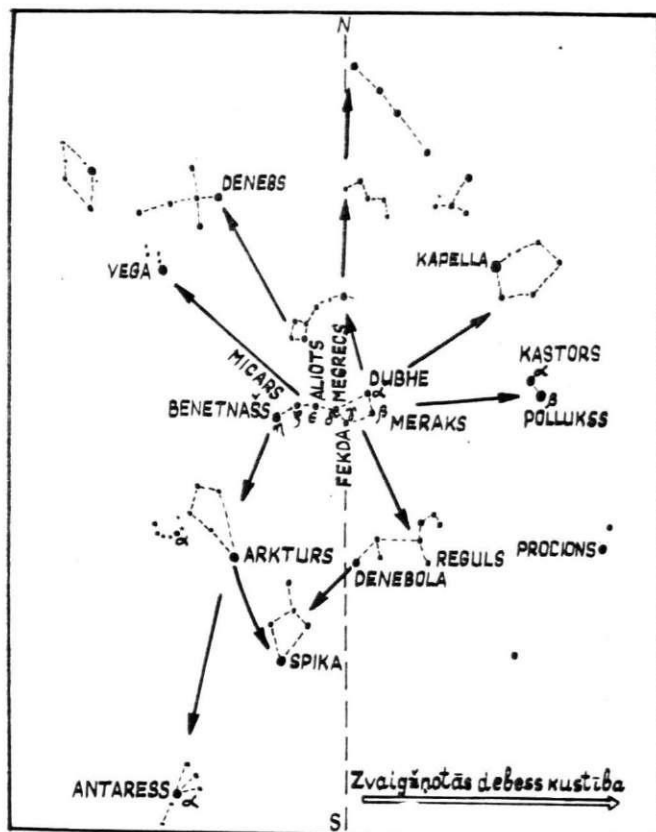
Ar skatienu virzoties no Fekdas uz Megrecu, 70° attālumā atradīsīm Denebu — Gulbja zvaigznāja spožāko zvaigzni. Gulbja zvaigznājs ir viens no nedaudzajiem, kas pēc konfigurācijas savā ziņā atbilst nosaukumam. Trīs spožas un viegli atrodamas zvaigznes — Arkturs (Vēršu Dzinēja α), Denebola (Lauvas β) un Spika (Jaunavas α) — veido vienādmalu trijstūri, raksturīgu figūru pie pavasara debess. Ja turpināsīm Lielā Lāča kausa roktura loku uz leju, mēs atradīsīm spožāko no minētajām zvaigznēm — Arkturu, bet, velkot loku vēl vairāk uz leju, nonāksīm pie Spikas.

Perpendikulāri Lielā Lāča kausa pamatnei 50° attālumā atrodas Lauvas zvaigznājs. Velkot taisni no Megreca uz Fekdu (Lielā Lāča δ un γ) un turpinot to uz leju, atradīsīm spožu zvaigzni — Regulu, bet pa kreisi no tās — Denebolu. Divdesmit spožāko pie debess redzamo zvaigžņu vidū Reguls ierindojas pēdējā vietā. Tā ir karsta balta zvaigzne ar virsmas temperatūru 14 000° un 140 reižu lielāku starjauodu nekā Saulei. Ja Reguls atrastos Sīriusa vietā, tas būtu sešas reizes spožāks par visspožāko pie debess redzamo zvaigzni. Teleskopā var saskatīt, ka 177" attālumā no Regula atrodas dzeltena 7,6. zvaigžņlieluma zvaigzne. Tā pēc fizikālajām īpašībām ir līdzīga Saulei. Regulam ir vēl otrs pavadonis — baltais punduris, vāja, 13. zvaigžņlieluma, zvaigznīte. Liekas visai neparasti, ka trīs tik dažādas zvaigznes veido vienotu fizikālu sistēmu.

Spožāka un karstāka par Regulu ir Spika (Jaunavas α). Tās fotoelektriskie novērojumi uzrāda nelielas amplitūdas periodiskas spožuma izmaiņas. Spika ir aptumsuma maiņzvaigzne ar periodu četras dienas.

Jaunavas zvaigznājs ievērojams ar vairākiem neparastiem objektiem. Viens no tiem ir kvazārs 3C 273 — zvaigznei līdzīgs objekts, kuram ir neparasti liela starojuma enerģija. Šo objektu var novērot teleskopā (objektīva diametrs 12—15 cm) Jaunavas 8. zvaigznes tuvumā. Lai meklējumi būtu veiksmīgi, nepieciešama zvaigžņu karte.

Ne mazāk interesants objekts ir radiogalakтика Jaunavas A jeb M 87, kuru var saskatīt pat desmitkārtīgā prizmatiskajā binoklī, bet ar nelielu teleskopu var izšķirt šīs galaktikas formu. Tā ir



1. att. Spožāko zvaigznāju stāvoklis attiecībā pret Lielo Lāci (pavasara vakarā).

vismasīvēkā no zināmajām galaktikām un — var droši apgalvot — viens no interesantākajiem zvaigžņu pasaules objektiem. Galaktikai M 87 raksturīgs spēcīgs radiostarojums. Kodola tuvumā redzams neparasts mākonis — spēcīga izviriduma sekas. Šī galaktika ārēji līdzīga kvazāram 3C 273, kas vedina uz domām par daudz ciešāku fizikālo īpašību saistību. Galaktikas koordinātas ir $\alpha=12^{\text{h}}28^{\text{m}}12^{\text{s}}$, $\delta=12^{\circ}40'$ (epoha — 1950,0) un spožums — 8,7. zvaigžņlielums.

Uz dienvidiem no Jaunavas un Lauvas zvaigznājiem nav spožu zvaigžņu. Tur zemū pie horizonta redzami Hidras, Kausa un Kraukļa zvaigznāji, nedaudz augstāk — Sekstanta zvaigznājs, kura spožākā zvaigzne ir tikai 4,5. zvaigžņlieluma spīdekļis. Ar spožām zvaigznēm neizceļas arī apgabals starp Dvīņu un Lauvas zvaigznājiem. Tur atrodas Vēža zvaigznājs.

Starp divām blakusesošām zvaigznēm — Vēža γ un δ — var saskatīt zvaigžņu kopu M 44, kuru sauc arī par Sili, bet abas zvaigznes — attiecīgi par Ziemeļu Ēzeli (Asellus Borealis) un Dienvidu Ēzeli (Assellus Austrinus).

Jāatceras, ka vājākus objektus labāk novērot pavasara sākumā, kad nakts debess ir tumšāka.

PLANĒTAS

Merkurs nav redzams.

Venēra novērojama kā vakara zvaigzne uzreiz pēc Saules rieta zemū rietumu pusē. Tās redzamais spožums — 3,4. Līdz 2. aprīlim Venēra atrodas Zivju, tad Auna, bet aprīļa beigās — Vērsa zvaigznājā. Pavasara beigās planētas redzamība pasliktinās, jo tā arvien vairāk

tuvojas horizontam. Tā redzama ziemeļrietumu pusē. Līdz 13. jūnijam Venēra atrodas Dvīņu, pēc tam — Vēža zvaigznājā. Mēness aiziet gar Venēru 11. martā 1° zem, bet 11. aprīlī — 1° virs tās; 11. maijā un 10. jūnijā — 3° virs planētas.

Mars pavasara sākumā saskatāms no rītiem zemu dienvidaustrumu pusē līdz 20. martam Čūskneša, tad — Strēlnieka zvaigznājā. Martā redzamais spožums $+0,6$, tuvojoties opozīcijai, tas pieaug un jūnija vidū ir jau $-1,8$. Mēness aiziet gar Marsu 3. martā 4° , 1. un 29. aprīlī — attiecīgi 5° un 4° , 27. maijā — 3° , 23. jūnijā — $0^{\circ},5$ zem planētas. Marss 13. martā aiziet gar Urānu $0^{\circ},3$ virs tā.

Jupiter martā un aprīlī nav redzams. Maijā tas saskatāms no rītiem zemu dienvidaustrumu pusē Ūdensvīra zvaigznājā kā $-1,8$ lieluma spīdekļis. Mēness aiziet gar Jupiteru 3. un 31. maijā attiecīgi 3° un 2° zem tā.

Saturns martā un aprīlī vērojams nakts otrajā pusē, līdz 21. maijam Čūskneša, pēc tam — Skorpiona zvaigznājā. 28. maijā Saturns nonāk opozīcijā un ir novērojams praktiski visu nakti. Redzamais spožums ir $+0,3$. Saturna redzami izmēri: ekvatoriālais diametrs — $18'',4$, polārais — $16'',4$; gredzena redzami izmēri ir $41'',8 \times 17'',9$. Mēness aiziet gar Saturnu 4. un 31. martā 4° , bet 26. aprīlī, 24. maijā un 20. jūnijā — 5° zem planētas.

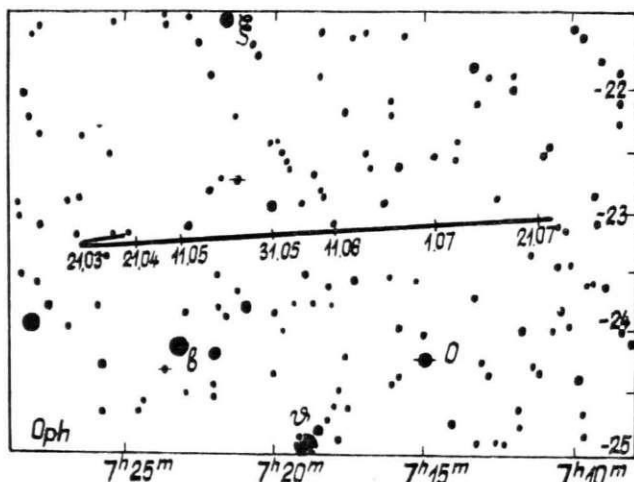
Urāns pavasara sākumā redzams nakts otrajā pusē Čūskneša zvaigznājā. 11. jūnijā nonāk opozīcijā un novērojams gandrīz visu nakti. Tā redzamais spožums $+5^m,9$, redzamais diametrs — $3',9$. Mēness aiziet gar Urānu 27. aprīlī, 25. maijā un 21. jūnijā 4° zem tā (2. att.).

METEORI

Meteori jeb «krītošās zvaigznes» ir īslaicīga parādība, uzliesmojums, kas rodas, kādam ķermenim no starpplanētu telpas ielidojot Zemes atmosfērā un gaisa berzes dēļ strauji sadegot. Parasti šo ķermeņu svars ir no dažiem gramiem līdz grama tūkstošdaļai. Meteora spožums un krāsa atkarīga no ķermeņa masas un ātruma, ar kādu tas nonāk Zemes atmosfērā. Vājie meteori gaisās pavasara naktīs grūti pamanāmi, tomēr plūsmas maksimuma laikā var novērot vairākus spožus meteorus.

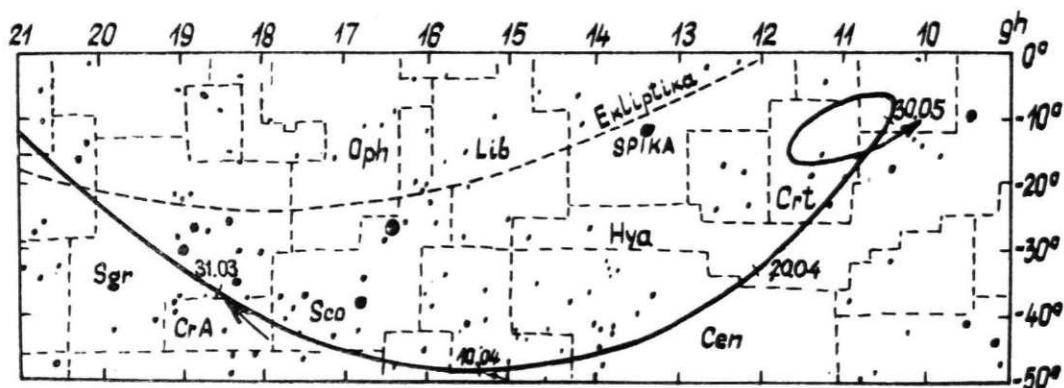
Lirīdas novērojamas 18.—24. aprīlī. Plūsmas maksimumā, 23. aprīlī, redzami līdz 10 meteori stundā. Radiants maksimumā atrodas uz Liras un Herkulesa zvaigznāju robežas.

γ Akvāridas novērojamas 1.—9. maijā. Plūsmas maksimumā, 4. maijā, novērojami līdz 36 meteori stundā. Radiants maksimumā atrodas Ūdensvīra zvaigznājā. Plūsmas izcelsme saistīta ar Haleja komētu.



2. att. Urāna redzamais ceļš 1986. gada pavasarī.

HALEJA KOMĒTA



3. att. Haleja komētas redzamais ceļš 1986. gada pavasarī.

Martā un aprīlī Haleja komēta pārvietojas arvien tālāk uz dienvidpuslodi un ziemeļpuslodē nav novērojama. Aprīļa beigās, kad komēta iet caur Hidras un Kausa zvaigznājiem, to var va-

karos saskatīt zemu pie horizonta kā 6. zvaigžņlieluma spīdekli. Maija vidū komēta pārvietojas Sekstanta zvaigznājā, tās spožums un novērošanas ilgums samazinās (3. att.).

MĒNESS FĀZES

(no 30. marta vasaras laiks)

☾ (pēdējais ceturksnis) ☽ (jauns Mēness)

3. martā 15 ^h 18 ^m	10. martā 17 ^h 52 ^m
1. aprīlī 23 31	9. aprīlī 10 09
1. maijā 7 23	9. maijā 2 11
30. maijā 16 55	7. jūnijā 18 01

Mēness perigejā

1. martā 13^h
28. martā 17
25. aprīlī 22
24. maijā 7
21. jūnijā 17

☾ (pirmais ceturksnis) ☽ (pilns Mēness)

18. martā 19 ^h 39 ^m	26. martā 6 ^h 03 ^m
17. aprīlī 14 36	24. aprīlī 16 47
17. maijā 5 01	24. maijā 0 46
15. jūnijā 16 01	22. jūnijā 7 43

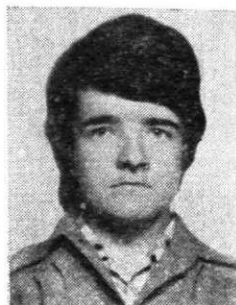
Mēness apogejā

16. martā 22^h
13. aprīlī 16
11. maijā 3
7. jūnijā 6
4. jūlijā 12

A. Rudzinskis

PIRMO REIZI „ZVAIGŽNOTAJĀ DEBESĪ”

Ingrīda KRAMIŅA — radioinženiere, strādā A. Pelšes Rīgas Politehniskā institūta Radiotehnikas un sakaru fakultātes teorētiskās radiotehnikas katedrā. Pēta radio tehnisko sistēmu traucējumnoturības problēmas.



Jānis MEDNIS — ķīmijas zinātņu kandidāts, A. Pelšes Rīgas Politehniskā institūta teorētiskās radiotehnikas katedras vecākais zinātniskais līdzstrādnieks. Specialitāte — plazmas fizika un ķīmija. Zinātnisko pētījumu virziens — zemas temperatūras jonu plazmas rekombinācija. Pašlaik pēta cietu dispersu daļiņu virsmas struktūras ietekmi uz rekombinācijas ātrumu jonu plazmā. Daudzu zinātnisko rakstu autors.



Mārīte STUPĀNE — P. Stučkas Latvijas Valsts universitātes Fizikas un matemātikas fakultātes 2. kursa studente. Zinātniskās intereses — algoritmiskās problēmas un matemātikas pasniegšanas metodika.



СОДЕРЖАНИЕ

Я. Страдиньш. Непустствие «Звездному небу». ПОСТУПЬ НАУКИ. И. Краминя, Я. Меднис. Шаровая молния — аномальное явление атмосферы. А. Озолс. Лазеры ультракоротких импульсов. Э. Риекстиньш. Названия натуральных чисел на языках разных народов мира. НОВОСТИ. Н. Цимахович. Предвестники вспышек — также в рентгеновских лучах. Н. Цимахович. Центры солнечного влияния в земной атмосфере. ОСВОЕНИЕ КОСМОСА. Четвертая экспедиция на «Салют-7» (по сообщениям ТАСС). К. Феоктистов. Мужество экипажа «Салюта». Э. Мукин. Первая встреча с кометой. Э. Мукин. «Skylab», «Spacelab» — а что дальше? ОГЛЯДЫВАЯСЬ НА ПРОШЛОЕ. Х. Ээлсалу. Звездная карта ледовой эпохи. Я. Клетниекс. Древнейшие наблюдения кометы Галлея вавилонцами. В ШКОЛЕ. Л. Шмитс. Летняя школа-семинар победителей республиканских школьных олимпиад — «Альфа-85». А. Анджанс. Начинаем новую серию статей. М. Ступане. Геометрические конструкции с помощью сгибания листа бумаги. Л. Шмитс. Десятая открытая республиканская олимпиада по физике (задачи и решения). Е. Янтовский. Беседы о потоках энергии. КОНФЕРЕНЦИИ, СОВЕЩАНИЯ. А. Балклавс. Международное совещание по анализу результатов года максимума Солнца. А. Рудзинский. Звездное небо весной 1986 года.

CONTENTS

J. Stradiņš. Good wishes to the «Starry Sky». RECENT DEVELOPMENTS IN SCIENCE. I. Kramiņa, J. Mednis. Ball lightning — anomalous atmospheric phenomenon. A. Ozols. Lasers of ultrashort impulses. E. Riekstiņš. Names of natural numbers in the languages of the world. NEWS. N. Cimašoviča. X-rays fixing perturbations. N. Cimašoviča. Centres of influence of the Sun on the atmosphere of the Earth. SPACE EXPLORATION. The fourth expedition to the «Salyut-7». K. Feoktistov. Courage of the «Salyut» crew. E. Mūkins. The first meeting with the comet. E. Mūkins. «Skylab», «Spacelab» — but what will come next? FLASHBACK. H. Eēlsalu. Star map of the ice age. J. Klētnieks. The ancient observations of Halley's comet by Babylonians. AT SCHOOL. L. Šmits. Summer school seminar «Alpha-85» for the winners of Pupils' olympiad of the Latvian SSR. A. Andžāns. Starting a new serial of articles. M. Stupāne. Geometric constructions with folding paper. L. Šmits. The tenth open republican olympiad in physics (problems and solutions). E. Jantovskis. On energy fluxes. CONFERENCES, SEMINARS. A. Balklavs. International conference on the Sun maximum year results. A. Rudzinskis. Starry sky in spring 1986.

ЗВЕЗДНОЕ НЕБО, ВЕСНА 1986 ГОДА

Составитель *Андрис Албертович Буикис*

Издательство «Зинатне», Рига 1986

На латышском языке

ZVAIGŽŅOTĀ DEBESS, 1986. GADA PAVASARIS

Sastādītājs *Andris Buikis*.

Redaktore *Z. Kļaviņa*. Mākslinieciskais redaktors *E. Griķis*. Tehniskā redaktore *E. Griķe*. Korektore *L. Vancāne*.

Nodota salikšanai 30.10.85. Parakstīta iespiešanai 4.02.86. JT 05179. Formāts 70×90/16. Tipogr. papīrs Nr. 1. Literatūras garnitūra. Augstspiedums, 4,75 fiz. iespiedl.; 5,56 uzsk. iespiedl.; 5,85 uzsk. kr. nov.; 6,92 izdevn. l. Metiens 4350 ēks. Pasūt. Nr. 102646. Maksa 35 k. Izdevniecība «Zinātne», 226530 PDP Rīgā, Turģeneva ielā 19. Iespiesta Latvijas PSR Valsts izdevniecību, poligrāfijas un grāmatu tirdzniecības lietu komitejas Rīgas Paraugtipogrāfijā, 226004 Rīgā, Vienības gatvē 11.



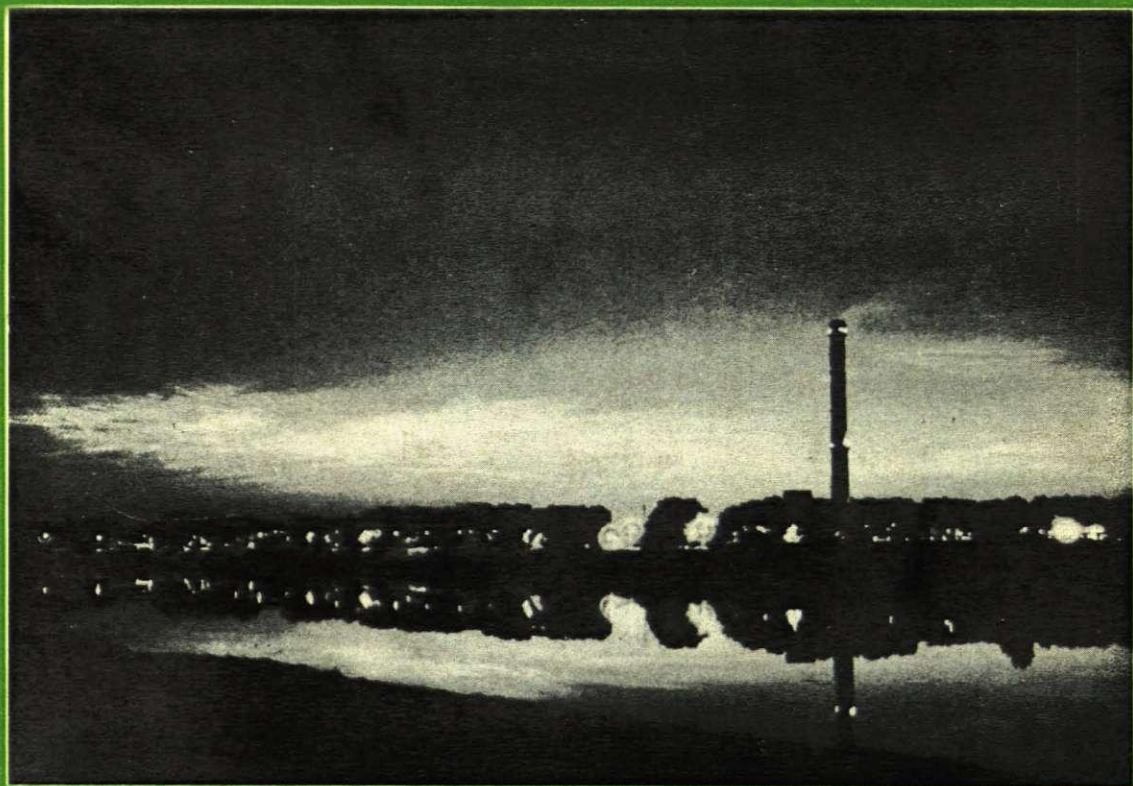
Zimējums, kas ilustrē lodveida zibens radīto emocionālo efektu. (Pēc «Bull. Soc. Astron. Fr.»)

LU bibliotēka



220062590

● 1985. gadā svinējām sudrabaino mākoņu pētīšanas simtgadi, kā par to rakstīts «Zvaigžņotās Debess» vasaras numurā. Taču izrādās, ka mūsu ziemeļu kaimiņi sudrabaino mākoņu novērojumus sākuši jau 34 gadus agrāk, nekā bija pieņemts uzskatīt līdz šim. Par to lasiet nodaļā «Mūsu pasts» nākamajā numurā.



● Sudrabainie mākoņi. L. Garkuļa foto. Fotografēts 1985. gada 17. jūlijā 01^h30^m—02^h30^m pēc Maskavas laika Daugavas kreisajā krastā pie Daugavpils. Aparāts «Zenit-E», objektīvs «Mir-1», F=37 mm. Filmas jutība — 65 GOST. Ekspozīcija — 20 s. Ziemeļu virziens aptuveni sakrīt ar attēlā redzamo skursteni.