

ZVAIGŽNOTĀ DEBESS



Radioastrofizikas observatorijas dibinātājam Jānim Ikauniekam — 75 ● Varbūt Saulei ir dzelzs kodols? ● Ceļojums temperatūru pasaulē ● «Vega-1» izmērijusi Haleja komētas kodola temperatūru ● Sērskociņu konstrukcijas ● Astronomiskie novērojumi senajā Armēnijā

1987
PAVASARIS



Radioastrofizikas observatorijas pamatlicējs
Jānis Ikaunieks.

Vāku 1. lpp.: Radioastrofizikas observatorijas
Smīta teleskopa paviljons. J. I. Straumes foto.

ZVAIGŽNOTĀ DEBESS

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

1987. GADA PAVASARIS (115)



REDAKCIJAS KOLĒĢIJA:

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

Numuru sastādījis
N. Cimahoviča

Publicēts saskaņā
ar Latvijas PSR
Zinātņu akadēmijas
Redakciju un izdevumu
padomes 1986. gada
16. oktobra lēmumu



SATURS

N. Cimahoviča. Zvaigžņotais mūžs.
Jānis Ikaunieks (1912—1969) 2

Zinātnes ritums

U. Dzērviļis. Saules dziles zondējot 6
B. Rolovs. Temperatūru pasaulē 15

Jaunumi

A. Balklavs. Saules aktivitātes divgadu cikli 22
A. Balklavs. Kvantešanās paradības Saules sistēmā 25
A. Alksnis. Oglekļa zvaigznes Andromedas galaktikā 27
A. Pilipaitis, V. Vainausks. Arheoloģijas pieminekļu kartēšana 27
N. Cimahoviča. Saules uzliesmojumu priekšvēstneši 30
N. Cimahoviča. Atmosfēras ozons — apdraudēts 31
J. Urtāns. Jauni dati par Lazdānu meteoritu 31

Kosmosa apgūšana

E. Mūkins. Haleja komētas kosmiskie pētījumi 34
«Astron» novēro komētu (pēc žurnāla «Kosmīceskijie issledovaniija» materiāliem) 41
E. Mūkins. Par «Challenger» katastrofas cēloņiem 42

Atskatoties pagātnē

Z. Alksne. Astronomijas pirmsākumi Armēnijā 45
H. Ēlsalu. Maiņzvaigznes un paleoastronomija 49

Skolā

I. Opmane. Konstrukcijas «sērkociņu ģeometrijā» 53

Amatieru lappuse

U. Millers. Pašgatavots telekonverters astronomiskajiem novērojumiem 64
I. Jurgītis. Zvaigžņotā debess 1987. gada pavasarī 67

ZVAIGŽŅOTAIS MŪŽS

Jānis Ikaunieks (1912—1969)

«1952.—1954. gadā ne mazums tika braukts un iets dažādos virzienos no Rīgas. Un tikai 1954. gada rudenī tika pieņemts galīgais lēmums, ka observatorija jāceļ Riekstukalnā pie Baldones.» Tā Jānis Ikaunieks savās atmiņās aprakstīja to laikposmu, kas Latvijas astronomijā ievadīja jaunu nozari — zvaigžņu evolūcijas pētījumus, izmantojot pašu novērojumus ar lielu teleskopu. Šo periodu varētu nosaukt par robežšķirtni starp to laiku, kad latviešu astronomi zvaigžņu īpašības varēja analizēt tikai uz papīra, un to laiku, kad kļuvis iespējams izmantot autentisku materiālu — zvaigžņu spožuma un spektra fiksāciju fotoplatēs. Tagad dažkārt grūti pat iedomāties, ka senāk visa tā nebija: nebija ne «Lielā Smīta», ne dubultteleskopa, nebija radioteleskopu, dzīvojamo ēku un citu būvju. Tikai Riekstukalns ar kājceliņiem un Līlīju ezers. Un diez vai šodien te būtu observatorija, ja tā nebijusi iecerēta kāda jaunekļa sapņos. Jānim Ikauniekam observatorijas sākums Riekstukalnā bija sūra un ērkšķaina dzīves posma noslēgums. Gan arī pēc tam viņa dzīvē bija ne mazums ērkšķu un zemūdens akmeņu, taču tos pārvarēt palīdzēja dzelzains gribasspēks un apziņa, ka galvenais ir izdarīts, ka observatorijai ir likti pamati, ka veidojas entuziasma pilns darbinieku kolektīvs.

Rīgas strādnieku Jāņa un Lizetes dēlu Jāni dzīve bija skolojusi stingri, pat pārāk stingri. Kad zēnam bija pieci gadi, nomira tēvs, pēc četriem gadiem — arī māte. Ikaunieku ģimene tai laikā jau dzīvoja laukos, Barkavā.

Par zēnu un viņa jaunāko māsiņu uzņemas gādību tēvbrālis, bet arī tas nedzīvo ilgi. Drīz pēc tam nomirst vēl māsiņa. Puisēnam bija 14 gadi, kad viņš palika gluži viens svešos ļaudis, turklāt vēl fiziski vārgs. Bet zēnam bija kāds sapnis. Vai jau tolaik tas bija zvaigžņu sapnis, to nezinām, bet bija dziļa un neatlaidīga tieksme pēc gara gaismas. Sai vadugunij Jānis Ikaunieks sekoja visu mūžu. Neskatīdamies ne pa labi, ne pa kreisi, viņš mērķtiecīgi, soli pa solim virzījās uz zinātnei.

Varakļānu vidusskolu beidzot, Jānis Ikaunieks bija klases labākais skolnieks. Un tā paša gada rudenī viņš iestājās Latvijas Universitātes Matemātikas un dabaszinātņu fakultātē, lai kļūtu par astronomu. Studiju laikā jaunietis strādā dažādus gadījuma darbus un tā nopelna sev iztiku. Universitāti viņš beidz 1937. gadā ar t. s. kandidāta darbu par tēmu «Zvaigžņu kopas».

Taču pieprasījums pēc profesionāliem astronomiem tolaik bija ārkārtīgi mazs, un J. Ikaunieks, lai gan viņam tika solīts apmaksāts zinātniskais ārzemju komandējums, iestājās darbā Aizputes vidusskolā. Viņš bija tur strādājis jau studiju laikā. J. Ikaunieks Aizputē mācīja matemātiku, fiziku, ģeogrāfiju un, protams, astronomiju. Stingrs, prasīgs un daudz zināošs — tādu vēl šodien atceras savu skolotāju viņa bijušie skolnieki. Rota Saveļjeva, tagad pati šīs skolas skolotāja, stāsta: «Vēl labi atceramies tumšo rudens vakaru, kad mēs Ikaunieka vadībā gājām novērot zvaigžņājus augstajā kalnā, no kurienes bija

labi pārrēdzams viss debess jums un zvaigznes šķita sevišķi spožas. Toreiz bija labi novērojamas arī planētas Marss un Jupiteris. Ilgi nenorīma saruna par dzīvību ārpus Zemes pasaules telpā.*

Jānis Ikaunieks tomēr neaizmirst savu zvaigžņu sapni. Bez algas, taču ieskaitīts fakultātē gatavošanai zinātniskajam darbam, viņš docenta E. Gēliņa vadībā studē debess mehāniku un zvaigžņu astronomiju. Tam veltīti jaunā skolotāja vēlie vakari.

Un tad kara gadi. Ikaunieks bija evakuācijā, strādāja par vācu valodas un astronomijas pasniedzēju Ivanovas apgabala Kolobovas ciemata vidusskolā, netālu no Sujas pilsētas. Vēl šodien Kolobovā atceras augsti kvalificēto skolotāju no Latvijas, kurš labprāt piedalījies ārpusklasses pasākumos un nekad neatteicis savu palīdzību citiem kolēģiem. Bet, tikko vien bija iespējams, 1944. gadā, Jānis Ikaunieks iestājās Maskavas Valsts universitātes P. Sternberga Astronomijas institūta aspirantūrā. Viņa zinātniskais vadītājs bija profesors P. Parenago, liela autoritāte zvaigžņu astronomijas jautājumos. Profesors tai laikā izvērta jaunu virzienu — dažādu tipu zvaigžņu telpiskā sadalījuma pētījumus. Šai darbā iesaistījās arī J. Ikaunieks. Par viņa zinātniskā darba pamatvirzienu kļuva oglekļa zvaigžņu izvietojuma analīze.

Oglekļa zvaigznes pieder pie sarkanajiem milžiem. Tās ir vēlo spektra klašu zvaigznes, kā tagad noskaidrots — viens no zvaigžņu pārvērtībām bagātā mūža beiguposmiem. Oglekļa zvaigznes — tas nozīmē, ka šo zvaigžņu atmosfērās ir vairāk oglekļa nekā citu sarkano milžu atmosfērās. Šis īpatnības cēlonis ir aktīvie konvekcijas procesi, kas iznes zvaigznes ārpusē tās dziļu kodolreakciju produktus. Analogi oglekļa zvaigznēm, sarkano milžu saimē sastopam vēl titāna un cirkonija zvaigznes ar atbilstošām minēto ķīmisko elementu pazīmēm šo zvaigžņu spektros. Tātad par zvaigžņu evolūcijas fāzi va-

ram spriest, analizējot zvaigžņu gaismas spektru.

Bet zvaigžņu spektra iegūšanai vajadzīgi lieli teleskopi, kuru tolaik, 40. gados, visā pasaulē bija maz un kara izmocītajā Padomju valstī vispār nebija. Tomēr dabas procesu daudzveidībā astronomi bija nojautuši kādu svarīgu likumsakarību, kas arī sniedz informāciju par zvaigžņu evolūciju. Tas ir dažādu tipu zvaigžņu atšķirīgais izvietojums zvaigžņu sistēmās — Galaktikas struktūrā. Jo, veidojoties galaktikām un zvaigznēm tajās, neizbēgami pastāv ciešs fizikāls sakars starp galaktikas gāzu un putekļu vidi un tās kondensātiem — zvaigznēm. Nedaudz vēlāk, 50. gadu sākumā, padomju astronomi konstatēja, ka jaunradušās, t. s. agro spektra klašu zvaigznes atrodamas tajās Galaktikas vietās, kur starpzvaigžņu vide veido sablīvījumus un savērpumus. Bet sarkanie milži — vecas zvaigznes — savukārt, šo vidi bagātina, jo no šo zvaigžņu atmosfērām pasaules telpā nemilīgi ieplūst to viela.

Lai izslēgtu nepamatotus secinājumus, zvaigžņu telpiskā sadalījuma noteikšanai cenšas izmantot iespējami lielu statistisku materiālu — daudzu observatoriju savāktos datus. Tas ir šķietami vienkāršs darbs — liela zvaigžņu skaita «caursijāšana» pēc vairākās observatorijās izmērītām zvaigžņu pozīcijām un to īpatnējām kustībām. Bet pēc šiem datiem var spriest par dažādu tipu zvaigžņu izvietojumu un grupējumiem Galaktikā, līdz ar to gūstot arī informāciju par šo zvaigžņu evolūcijas fāzēm.

Jānis Ikaunieks bija pirmais latviešu astronoms, kas uzsāka zvaigžņu izvietojuma pētījumus mūsu Galaktikā. Viņa darba pirmais lielais posms tika apkopots fizikas un matemātikas zinātņu kandidāta disertācijā «Oglekļa zvaigžņu telpiskais sadalījums un kinematika», kuru viņš aizstāvēja Maskavā 1951. gadā. Tālākie pētījumi šai jomā tika summēti doktora disertācijā «Sarkano milžu zvaigžņu pētījumi», kuru viņš arī aizstāvēja Maskavas Valsts universitātes P. Sternberga Astronomijas institūtā 1969. gada aprīļa sākumā. Bet aprīļa beigās, dienu pirms 57. dzimšanas dienas — 28. aprīļa, zinātnieka sirds

* Sk.: Saveļjeva R. Dažas atmiņu lapuses. — Zvaigžņotā Debess, 1970./71. gada ziema, 44.—48. lpp.

vairs neizturēja un viņa atomi, kā viņš pats mēdza teikt, pievienojās nedzīvajai kosmiskajai matērijai.

Laikā starp abu disertāciju aizstāvēšanu — turpat divus gadu desmitus — Jāņa Ikaunieka dzīve bija nesaraujami saistīta ar tagadējās Radioastrofizikas observatorijas būvi, iekārtu iegādi, kadru audzināšanu, zinātniskās tematikas precizēšanu. Jo jebkura observatorija ir dzīvs zinātnisks organisms tikai tad, ja tajā aktīvi funkcionē visi šie komponenti.

Zinātniskā darba pamatu pamats ir izvēlētā pētījumu tēma. Tāpat kā citās cilvēku darbības jomās, arī zinātnē likai diži mērķi stimulē radošo potenci attīstību. J. Ikaunieka izvirzītie mērķi bija grandiozi: noskaidrot dažādu sarkano milzu zvaigžņu saistību ar Galaktikas gāzveida vides struktūru un dinamiku, izmantojot šim nolūkam kompleksus novērojumus pašu observatorijā optiskajā un radioviļņu diapazonā. Tāpēc arī tika sprauti divi galvenie tehniskie uzdevumi: uzstādīt lielu optisko teleskopu zvaigžņu spektru fotografēšanai un uzbūvēt radioteleskopu sistēmu kosmiskās gāzes mākoņu sadalījuma pētīšanai. Diemžēl J. Ikaunieks nepaspēja realizēt šo interesanto programmu. Viņš gan panāca «Lielā Smita» iegādi un uzstādīšanu, bet radiointerferometram viņa jau pietrūka. Observatorijas personāls, kas bija nodarbojies ar radiointerferometra būves priekšdarbiem, pēc J. Ikaunieka nāves piecienojās Saules pētnieku grupai, tā liekot pamatus tagadējai Saules fizikas daļai.

Lasītājs var būt pamatotā neizpratnē: kā observatorijas darbībā varēja rasties šāds blakusnovirziens — Saule? Vai tā nebija spēku sadrumstalošana? Te jāatgādina, ka Saule arī ir zvaigzne, turklāt pats intensīvākais mūsu debesu radiostarojuma avots, tātad visvieglāk novērojama ar radioastronomijas metodēm. Saules radioviļņu plūsma ir vismaz tūkstoš reizu intensīvāka nekā radioplūsma no Galaktikas gāzu mākoņiem. Bet vispār kosmisko radioviļņu plūsmas ir miljoniem reizu vājākas par Zemes raidstāciju radītajiem signāliem. Tāpēc Visuma objektu radioastronomiskie pētījumi prasa fantastiski jutīgu uztverošo aparatūru un iespējami lielus

antenu laukus. Lidz ar to Saule mūsu observatorijā kļuva it kā par treniņa objektu, kas palīdzēja jaunaļiem radioastronomiem gūt vajadzīgo tehnisko pieredzi.

Taču zinātnes attīstības ceļi parasti ir nepārredzami. Jau sākotnējie Saules radiouzliesmojumu novērojumi 60. gadu sākumā liecināja, ka šai jomā slēpti gan teorētiski, gan praktiski nozīmīgi rezultāti. Tāpēc J. Ikaunieks arī šeit izvirzīja pārdrošu uzdevumu: Saules uzliesmojumu prognozi. Viņš pats vadīja observatorijas Saules pētnieku pirmos pētījumus lielo uzliesmojumu izpratnē.

J. Ikaunieks nemīlīgi skubināja observatorijas zinātnisko personālu ne vien pētīt Visumu, bet arī apkopot pētījumus un noformēt tos disertāciju veidā. 1953. gadā šo slieksni pārkāpj Ilga Daube, 1961. gadā — Andrejs Alksnis, 1963. gadā — Arturs Balklavs, 1968. gadā — Juris Francmanis. Observatorijas darbinieku zinātniskā izaugsme, tāpat kā viņu sabiedriskie panākumi, allaž iepriecināja J. Ikaunieku.

Neraugoties uz saspringtu organizatorisko un zinātnisko darbu, šai savas dzīves posmā Jānis Ikaunieks ne uz mirkli nepārtrauca arī savu zināšanu tiešo atdevi plašai sabiedrībai — zinātnes popularizēšanu. Šai jomā viņu vadīja ne mazāka kaisme kā zinātnisko mērķu sasniegšanā. Lekcijas, raksti, grāmatas. Pēckara posmā uzskaitīts vairāk nekā 600 J. Ikaunieka lekciju par dažādiem astronomijas jautājumiem, simtiem populārzinātnisku rakstu periodiskos izdevumos, piecas grāmatas. No Visuma uzbūves un zvaigžņu evolūcijas līdz atomasaules procesiem — tāds ir viņa izgaismoto problēmu loks.

Nenovērtējams ir J. Ikaunieka nopelns zinātnes popularizēšanā mūsu republikā, arī organizējot regulāru izdevumu iznākšanu. Tas ir «Astronomiskais kalendārs» (iznāk kopš 1953. gada) un mūsu «Zvaigžņotā Debess» (kopš 1958. gada rudens). Jānis Ikaunieks uzskatīja zinātnes jaunāko sasniegumu un fundamentālo pamatprincipu izklāstīšanu plašam klausītāju un lasītāju pulkam par katra zinātnes darbinieka svētu pienākumu. Viņš iedibināja šo tradīciju mūsu astronomu saimē, kas šādā veidā turpina latviešu inte-

liģences senākās tradīcijas. Cenšoties paplašināt zinātnes apspīdēto loku, viņš varbūt domāja par mazo Latgales zēnu, kuram tiek sme pēc gara gaismas bija palīdzējusi tikt pāri jo daudzām dzīves grūtībām un likstām.

J. Ikaunieks bija arī viens no Latvijas astronomu un ģeodēzistu apvienības — Vis-savienības Astronomijas un ģeodēzijas biedrības Latvijas nodaļas organizētājiem. Minētais kolektīvs nu jau 40 gadus apvieno gan profesionāļus, gan amatierus, darot iespējamu gan zvaigžņotās debess pētīšanu katram, kurš vien var atļacināt šai nodarbībai kādu brīvu vakaru. Darbojoties šajā biedrībā, ir izauguši vairāki astronomijas speciālisti profesionāļi. Minēsim kaut vai Latvijas Valsts universitātes zinātniskos līdzstrādniekus Māri Ābeli, Edgaru Mūkinu, Rīgas planetārija lektoru Jāni Miezi. Jā, arī Rīgas planetārijs īstenībā ir Jāņa Ikaunieka lolojums. Viņš veltīja daudz

pūļu, dažādās instancēs pierādot planetārija nepieciešamību, visu laiku, līdz sava pārāk isā mūža beigām, bija Republikas zinību nama metodiskās padomes priekšsēdētājs.

Daudzpusīgs un liels ir Jāņa Ikaunieka devums Latvijas astronomijai. Tas iesniedzas arī nākotnē. Viņa izraudzītā Radioastrofizikas observatorijas zinātnisko pētījumu problemātika ir izturējusi laika pārbaudi. Sarkano oglekļa zvaigžņu novērojumi ar Smita teleskopu ir kļuvuši par pamatu jo daudziem observatorijas astronomu zinātniskajiem darbiem. Saules pētījumu jomā gūti interesanti rezultāti, analizējot svārstību procesus aktivitātes centros, kur rodas lielle uzliesmojumi. Acīmredzot nav aiz kalniem tas laiks, kad abu šo virzienu sadarbībā veidosies jauna nozare, kurā darbosies mūsu observatorijas tradīciju mantinieki.

N. C i m a h o v i ģ a

EX LIBRIS





SAULES DZĪLES ZONDĒJOT

(Par dažām jaunām idejām kādā vecā problēmā)

**ULDIS
DZĒRVĪTIS**

Lūkojot izprast zvaigžņu veidošanās mehānismu, ar vienām un tām pašām grūtibām sastopas gan Saules, gan arī citu zvaigžņu pētnieki — vispārpieņemtais priekšstats par vieglo gāzu sablīvējumu zvaigžņu kodolos ir grūti saskaņojams ar jaunākajiem novērojumu datiem; novērojamā Saules neitrīno plūsma ir un paliek pārāk maza; globālo svārstību aprēķinātais spektrs neatbilst novērojumu datiem. Izeja no šā strupceļa acīmredzot rodama nule aizsāktajā zvaigžņu astronomijas pētniecības virzienā — astroseismoloģijā, kur plecu pie pleca darbosies Saules un citu zvaigžņu pētnieki. Radioastrofizikas observatorijas zinātniskā līdzstrādnieka Ulda Dzērvīša raksts veltīts pašām jaunākajām zvaigžņu astronomijas attīstības tendencēm.

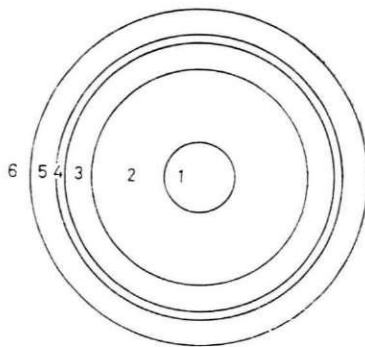
Kāda ir zvaigžņu iekšējā struktūra? Vai mēs to dzīlēs notiekošos procesus iztēlojamies un aprakstām pareizi — īpaši, ja ņem vērā, ka mūsu vienīgais informācijas avots — elektromagnētiskais starojums — nāk no šaura ārējās atmosfēras slāņa, kamēr par dzīlēm, tātad arī par centrālo apgabalu, kur darbojas zvaigžņu varenais kodoltermiskais reaktors, varam iegūt ziņas tikai netieši — ar matemātisku aprēķinu starpniecību, bet, tos veicot, tiek izdarīti daudzi pieņēmumi un vienkāršoējumi. Varētu likties, ka pēc zvaigžņu iekšējās uzbūves un evolūcijas teorijas spožajiem sasniegumiem 50. un 60. gados, kas tika iegūti, aprēķinu veikšanā izmantojot ātrdarbīgās ESM, šādi bažīgi jautājumi ir nevietā. Teorijai taču izdevies dažādus zvaigžņu tipus sasaistīt noteiktā evolucionārā secībā, parādot, kā no sākotnēji ķīmiski homogēnajām galvenās secības zvaigznēm, to centrālajā daļā pakāpeniski izdegot ūdeņradim un pēc tam arī hēlijam, izveidojas sarkanie milži un pārmilži, kas pēc kodoldegvielas izsmelšanas beidz savu

dzīvi kā ārkārtīgi blīvie baltie punduri vai neitronu zvaigznes.

Kaut arī par šīs evolucionārās pamatkonceptijas pareizību nav iemesla šaubīties, ar vairākām svarīgām detaļām tomēr ir citādi. Pirmā nopietnā plaša teorijā iezīmējās, raugot izprast zvaigzni, kuru mums vajadzētu pazīt vislabāk, — mūsu pašu Sauli. Pie tam zīmīgi, ka problēmā par Saules iekšējo uzbūvi konflikts starp teoriju un novērojumiem izveidojās tūlīt, līdzko radās iespēja iegūt tiešas ziņas par Saules centrālo apgabalu. Runa, protams, ir par iespēju reģistrēt Saules neitrīno plūsmu, kura šo daļu lielās caurspiedības dēļ nāk tieši no Saules dzīlēm. Novērotās un aprēķinātās neitrīno plūsmas nesaskaņa jeb tā sauktā Saules neitrīno problēma pastāv jau turpat 20 gadus un lasītājam droši vien nebūs sveša. Tādēļ to šeit tuvāk neaplūkosit.

Piebildīsim tikai, ka pagaidām pasaulē vienīgo eksperimentu, kurā reģistrēta neitrīno plūsma no Saules, veicis R. Deiviss (ASV) un

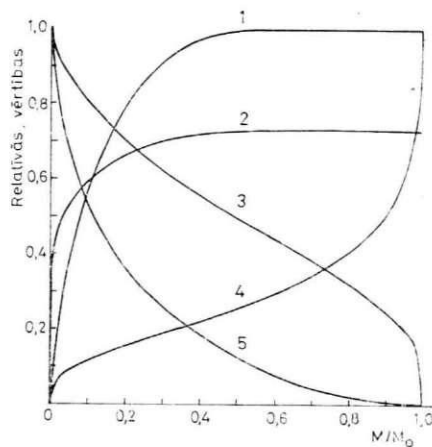
ka viņa novērotā vidējā plūsma ir aptuveni trīs reizes mazāka, nekā paredz Saules standartmodelis (tā parametrus sk. tabulā un 1. un 2. att.). Lai saprastu turpmāko, jāpatur prātā, ka ar Deivisa metodi nevar reģistrēt zemas enerģijas galveno neitrīno plūsmu, kas nāk no protonu satveršanas procesa (p procesa) pirmās reakcijas: $p+p \rightarrow d+e^++\nu_e$ (p — protons, d — deitrons, e^+ — pozitrons, ν_e — elektrona neitrīno). Tā vietā jāprobežojas ar to augstas enerģijas neitrīno reģistrāciju, kuri veidojas p procesa visretāk notiekošajā reakcijā un kuri veido tikai 0,01 procentu no visiem izdalītajiem neitrīno. Salīdzinājumā ar galveno reakciju šajā papildatzarījumā reakcijas ātrums un līdz ar to izdalītā neitrīno plūsma ir stipri atkarīgi no temperatūras, tādēļ nevar izšķirt, vai neatbilstība starp teoriju un eksperimentu slēpjas nepareizā Saules modelī vai arī paša neitrīno īpatnībās, piemēram, tā nestabilitātē, elektrona neitrīno (Deivisa eksperimentā reģistrē tikai šo tipu) pa ceļam no Saules pārvēršoties par kāda cita tipa neitrīno vai anti-neitrīno. Kaut arī daudzie laboratoriju eksperimenti, kuros mēģināts konstatēt šādas pārvērtības, bijuši neveiksmīgi, tie tomēr pilnībā neizslēdz neitrīno nestabilitātes iespēju, jo izseko neitrīno tikai dažus kilometrus tālu, bet tā ceļš no Saules līdz Zemei ir 150 miljoni kilometru. Taču negatīvie rezultāti problēmas risinājuma meklējumus ir novirzījuši tradicionālo Saules



1. att. Shematisks Saules iekšējās struktūras modelis: 1 — kodols ($R=0,25R_{\odot}$, $T=15 \cdot 10^6$, $\rho=1,6 \cdot 10^5$, T uz robežas $8 \cdot 10^6$); 2 — radiatīvā zona ($R=0,86 R_{\odot}$, T uz robežas $0,5 \cdot 10^6$); 3 — konvektīvā zona ($R=1R_{\odot}$); 4 — fotosfēra (biezums ~ 500 km); 5 — hromosfēra (biezums ~ 2500 km, $T=4300$, $\rho=10^{-11}$); 6 — korona ($T=10^6$). ρ — blīvums g/cm^3 , T — temperatūra K.

Saules standartmodeļa svarīgākie parametri

Vecums	4,6 miljardi gadu
Centrālā apgabala blīvums	156 g/cm^3
Centrālā apgabala temperatūra	$15,5 \cdot 10^6$ K
Centrālā apgabala ūdeņraža saturs	0,355
Sākotnējais He saturs	0,25
Sākotnējais metālu saturs	0,023
Konvektīvās zonas dziļums	$0,27 R_{\odot}$
Masa	$1,99 \cdot 10^{33}$ g
Rādiuss	696 000 km
Vidējais blīvums	$1,4 g/cm^3$
Efektīvā temperatūra	5785 K
Spožums	$3,86 \cdot 10^{33}$ ergi/s



2. att. Svarīgāko parametru gaita Saules standartmodelī: 1 — spožums (attiecināts pret spožumu uz Saules virsmas); 2 — ūdeņraža relatīvais saturs (pēc masas); 3 — temperatūra (attiec. pret temperatūru Saules centrā); 4 — relatīvais attālums no Saules centra; 5 — blīvums (attiec. pret blīvumu Saules centrā).

modeļu kritiska izvērtējuma virzienā. Īpaši tādēļ, ka šie modeļi, kā pēdējos gados izrādījies, nespēj izskaidrot arī Saules globālo pulsācijas īpatnības.

DUN SAULES ZVANS

Kaut arī neitrīno plūsmas novērojumi sniedz ziņas par Saules iekšieni, taču pagaidām šo complicēto novērojumu interpretācija vairāk rada jaunas problēmas, nekā atrisina vecās. Tādēļ ļoti svarīgi būtu iegūt vēl kādu citu informācijas avotu par Saules iekšējiem slāņiem, no kuriem gaisma līdz mums tieši nenonāk.

Sai ziņā pagrieziena punkts iezīmējās 1976. gada sākumā, kad vienlaicīgi divas pētnieku grupas — A. Severnijs, V. Kotovs un T. Caps no Krimas Astrofizikas observatorijas un Dž. Brūksa vadītā grupa no Birmingemas universitātes (Anglija) nāca klajā ar paziņojumu, ka atklātas globālas Saules pulsācijas, kuru periods ir 160 minūtes. Konstatējums, ka Saule savā ziņā ir maiņzvaigzne — kaut arī ar «mikroskopisku» pulsāciju amplitūdu — radās ilgstoši ļoti rūpīgu un precīzu Saules virsmas radiālā ātruma izmaiņu novērojumu rezultātā. Un, kaut arī eksperiments ilga vairākus gadus, abi ziņojumi par atklājumu vai nu nejaušas, vai organizētas sagatīšanās dēļ parādījās vienlaicīgi — vienā un tai pašā žurnāla «Nature» (iznāk Anglijā) numurā. Tiesa, ātruma mērīšanas metodika abām grupām bija pilnīgi atšķirīga. Krimā mērījumi tika veikti diferenciāli, salīdzinot intensīvas dzelzs spektra līnijas (viļņa garums 5124 Å) nobīdi Doplera efekta dēļ Saules diska centrālajā daļā ar nobīdi tā ārmaļā. Šādi diferenciāli mērījumi ļāva samazināt kļūdas, kuras rada Zemes atmosfēras turbulence, termiskās deformācijas spektrogrāfā un citi traucējumi. Turpretī angļi veica absolūtus Saules pulsāciju radiālā ātruma vidējo izmaiņu mērījumus visam diskam, tādēļ viņu rezultāti bija mazāk precīzi. Savas līdera pozīcijas Saules globālo svārstību pētījumu jomā Krimas Astrofizikas observatorija ir pratusi saglabāt, un pagaidām nekur citur nav iegūtas tik garas un precīzas novērojumu rindas, kam ir

izšķiroša nozīme svārstību periodu noteikšanā un interpretācijā.

Kā liecināja Saules pētnieku internacionālā kolektīva reakcija, šis izcilais atklājums bija sagādājis lielu pārsteigumu, jo ar maz izņēmumiem vispārējā attieksme bija noraidoša. Parādījās daudzi kritiski raksti, kas izteica iebildumus kā pret novērojumu, tā pret dažādiem periodu izdalīšanas metodikas aspektiem, rezultātā atrodot, ka 160^m svārstības ir tikai šķietama parādība, kura rodas nevis uz Saules, bet gan mēraparatūras nestabilitātes un svārstību analīzes nepilnību dēļ. Taču drīz noliedzēji, neatkarīgos mērījumos paši pārliecinājušies, ka šādas svārstības tomēr eksistē, bija spiesti vai nu apklust, vai apstiprināt atklājumu un iesaistīties tā pētīšanā. Tagad — nu jau turpat 15 gadu pēc atklāšanas — Saules 160^m globālo svārstību eksistence vairs netiek apšaubīta, tiek tikai diskutēts par to cēloni.

Atklājuma atzīšanās liela nozīme bija tā sākotnējo kritiķu — franču pētnieku Ž. Greka un E. Fosā novērojumiem. Viņi uzstādīja savu teleskopu Antarktīdā, pašā dienvidpolā, kas polārās dienas apstākļos ļāva veikt ilgstošus novērojumus bez pārtraukuma; tā varēja izvairīties no neīstajiem periodiem, kuru cēlonis ir novērojumu stundu regulāra atkārtošāns no dienas dienā. Viņu iegūtajā Saules svārstību periodogrammā 160^m pīķis iezīmējās skaidri un nepārprotami.

Gadus piecus pēc 160^m svārstību atklāšanas sākotnējā kategoriskā nolieguma vietā bija vērojama pilnīgi pretēja aina — šīs svārstības tika atrastas aizvien jaunos aspektos dažādās parādībās uz Saules — un ne tikai uz Saules vien. Tagad bez radiālā ātruma novērojumiem dažādās modifikācijās 160^m svārstības konstatētas vēl arī Saules centimetru viļņu radiostarojumā (V. Jefanovs, 1983), integrālā spožuma maiņā — kā vizuālajā, tā infrasarkanajā spektra daļā (S. Kučmi, 1980) —, globālā magnētiskā lauka variācijās (A. Severnijs u. c., 1979), pat Saules redzamā leņķiskā diametra izmaiņās (H. Hills, 1984), kā arī Zemes ģeomagnētiskajos parametros (B. Vladimirsks, 1983). Par citiem, vēl pārsteidzošākiem atradumiem būs pastāstīts nedaudz tālāk. Kā jau bija sagaidāms, līdzās

šiem svārstību dažādo izpausmes veidu atradumiem parādījās liels skaits visdažādāko to dabas un izcelsmes skaidrojumu. Taču, pirms runāt par tiem, kaut tsumā jāmin svarīgākās novērojumus konstatētās svārstību īpatnības.

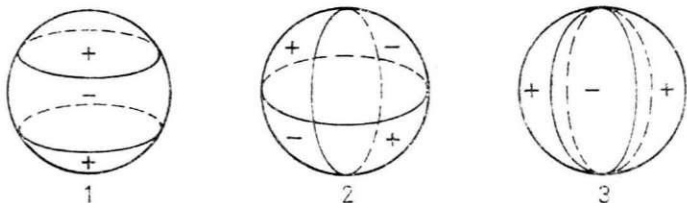
Viena no galvenajām to vidū ir svārstību fāzes stabilitāte. Šodien Saule pulsē tai pašā taktī kā pirms 15 gadiem, kad sākās šo pulsāciju novērošana. Tas liek atzīt, ka pulsācijas ir globālas — svārstās visa milzīgā gāzes lode no centra līdz virsmai. Atšķirība fāzes stabilitātē labi redzama salīdzinājumā ar Saules lokālajām 5^m svārstībām, kuras jau 1960. gadā atklāja R. Leitons. Pēdējām fāze ne tikvien nesaglabājas ilgāk par laiksprīdi, kas pārsniedz dažus periodus, bet tā ir arī atšķirīga dažādās virsmas vietās. Saules fotosfēra līdzīgi mierīga ezera virsmai, kurai pārskrien vējpūsma, viegli iedrebas te vienā, te otrā vietā un tūlīt norimst. Pavisam citādi ir 160^m pulsācijām. Ārējo slāņu konvektīvā, haotiskā cirkulācija, kas parādās fotosfēras granulācijas un supergranulācijas veidā, tikai uz kādu laiku spēj izkropļot svārstību formu, tās nomākt vai pastiprināt, taču pēc tam atkal atjaunojas vecā taks, jo Saules centra pulkstenis tikšķ vienmērīgi.

Laī izprastu 160^m svārstību nozīmi Saules iekšējās struktūras pētīšanā, nedaudz jāielūkojas teorijas atziņās par šo svārstību norisi. Kā tad svārstās tāda milzīga gāzu lode kā Saule? Izrādās, ka no abstrakti matemātiska viedokļa dažādiem pašsvārstību procesiem ir viena kopīga svarīga īpatnība — svārstību frekvenču vai periodu spektrs ir diskrets un raksturo svārstībā esošā ķermeņa formu un iekšējo struktūru. Tā, ir labi zināms, ka tāds vienkāršs objekts kā stīga svārstās noteiktā frekvencē un tās daudzkārtņos — pamattonī un virstoņos, kuru lielums ir atkarīgs no viena parametra — stīgas garuma. Tādēļ šķērsvārstību gadījumā katru ele-

mentārsvārstību varam raksturot ar veselu skaitli — mezglu, tas ir, nekustīgo punktu, skaitu, kas izvietojas uz stīgas.

Gāzes lode ir trīsdimensionāls objekts, tādēļ atsevišķas svārstības raksturošanai būs nepieciešami trīs skaitļi, ko parasti apzīmē ar n , l , m . Radiālais svārstību skaitlis n ir pilnīgi analogs stīgas svārstību skaitlim, tikai ņemot vērā, ka Saule vai zvaigzne nav homogēna — mezgli uz rādiusa izvietosies nevienmērīgi. Abi pārējie skaitļi raksturo gāzes slāņu neradiālo pārbīdi gar sfēras virsmu. Skaitļa l , kurš var būt kā pozitīvs, tā negatīvs, absolūtā vērtība raksturo mezglu līniju skaitu uz sfēras: jo lielāks ir l , jo sadrumstlatotāk pulsē sfēras virsma. $l=0$ atbilst tīri radiālām svārstībām, $l=1$ sauc par dipola, $l=2$ — par kvadrupola utt. svārstībām. Svārstības, kurām $l>0$, pieņemts dēvēt par akustiskām jeb p modām, jo tām, tāpat kā skaņas svārstībām, periods samazinās, ja palielinās mezglu skaits l , un, tāpat kā skaņai, spēks, kas gāzes elementam liek atgriezties sākumstāvoklī, ir spiediena spēks. Modas, kurām $l<0$, dēvē par gravitācijas jeb g modām, un te gāzes elements svārstās smagumspēka un tā antagonistā — cēlējspēka ietekmē. Trešais skaitlis — m —, ja zvaigzne nerotē un tai nav magnētiskā lauka, perioda vērtību neietekmē. Ja zvaigzne rotē, tad katra svārstība ar doto l šķēļas $2l+1$ komponentēs, kurām m vērtības sniedzas no $-l$ līdz $+l$, gluži analogi tam, kā atoma enerģijas līmeņi sašķēļas ārēja magnētiskā lauka klātbūtnē t. s. Zēmana efektā. Tā kā attālums starp šīm komponentēm ir proporcionāls rotācijas leņķiskajam ātrumam, tad šī parādība ir ļoti svarīga, jo principā dod iespēju izpētīt dažādu slāņu rotācijas ātrumu. 3. attēlā esam raudzījuši vienkāršotā veidā parādīt sfēriskā slāņa svārstības, ja $l=2$. Telpiskā aina, kad zvaigznē, skatam virzoties gar rādiusu,

3. att. Shematisks sfēras kvadrupolo svārstību attēlojums. Virsmas apgabali ar vienādu zīmi svārstās vienādā fāzē, negatīvām l un m vērtībām zīmes mainās uz pretējām.



svārstību fāze viņņveidīgi mainās, lasītājam jāiztēlojas pašam, mēģināt attēlot to zīmējumā neriskējam.

Atšķirība starp p modām un g modām ir arī tāda, ka pirmās ir koncentrētas galvenokārt Saules apvalkā un atmosfērā, bet otrās — Saules dzīlēs, un tām ir lielāki periodi. Tādēļ 160^m svārstības jāpieskaita pie g modām, kuras satur informāciju par iekšējo struktūru. Taču, pirms iepazīties ar iekšējās struktūras problēmu tuvāk, varbūt der ieklausīties kādā citā viedoklī par 160^m svārstību dabu.

KAS MEKLĒ, TAS ATROD, JEB DĪVAINĀS SAKRITĪBAS

Iepriekš mēs rakstījām par Saules 160^m svārstībām kā par tās globālo pašsvārstību paveidu. Tā domā lielākā daļa Saules pētnieku un viņu līdzjutēju, taču ne visi. Turklāt šim mazākumam ir tik daudz ideju, hipotēžu un skaidrojumu, ka to uzskaitījums vien aizņemtu pārdesmit lappušu, tādēļ dosim vārdu tikai vienam no citādi domājošajiem — V. Kotovam. Tā kā viņš turklāt ir viens no 160^m svārstību atklājējiem, tad jau tādēļ vien viņa uzskati būtu respektējami. Atzinības vērtā ir lielā neatlaidība, ar kādu Kotovs meklē aizvien jaunus pierādījumus savai idejai. Viņš ir pārliecināts, ka te ir darīšana nevis ar pašsvārstībām, bet gan ar uzspiestām svārstībām, ko ierosina kāds ārējs aģents. Sākumā par tādu tika atzīts Saules kodols, kura rotācijas periods, pēc Kotova domām, esot 160^m , taču drīz meklējumi tika iznesti ārpus Saules.

Proti, kopā ar S. Kučmi izanalizējuši vairāk nekā 200 Saules sistēmas ķermeņu (planētu, komētu kodolu, asteroīdu) rotācijas periodus, viņi konstatēja, ka tie vislabāk samērojami tieši ar 160^m periodu, tas ir, attiecība rotācijas periods P (jeb apgrieztais lielums, ja rotācijas periods mazāks par P) ir vistuvāka veseram skaitlim, ja $P=160^m$. Līdzīgu samērojamību abi autori konstatē arī starp planētu orbītu pusasīm un, kā viņi to sauc, «efektīvo viņņu garumu» $L=cP=19,24$ a. v., kur c — gaismas ātrums.

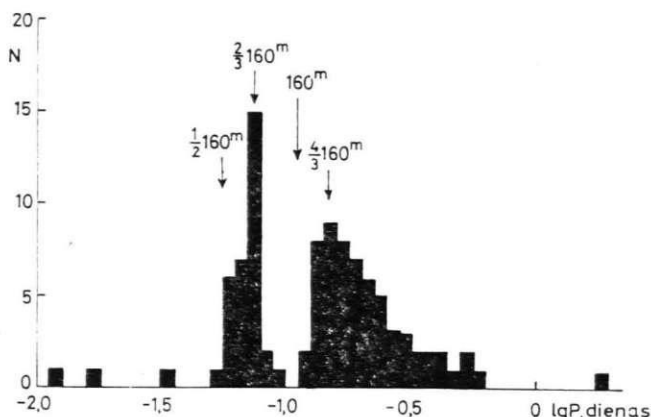
Taču Kotova hipotēzes zvaigžņu stunda likās sītusi 1983. gada, kad lielu sensāciju izraisīja

konstatējums, ka vienam no spožākajiem γ staru avotiem — noslēpumainajai Gemingai starojuma intensitāte variē ar $159^m,96$ lielu periodu. Gan γ starojums, gan tā maiņas periods liecina, ka starojuma avots ir ļoti kompakts neitronu zvaigznei līdzīgs objekts, turklāt lielā īpatnējā kustība nepārprotami norāda, ka šis optiski ārkārtīgi vājš objekts atrodas mums ļoti tuvu. Geminga tad nu tūlīt tika pasludināta par Saules svārstību ierosinātāju. Par ierosinošo aģentu tika minēti gravitācijas viļņi, ko šāds mainīgs kompakts objekts — iespējams, cieša dubultzvaigzne — izstaro.

Vēlāk tika izvirzīta vēl papildhipotēze, ka Geminga vienlaikus ir arī meklētā Nemesīda — Saules kā dubultzvaigznes otra komponents. Šī mītiskā Saules «māsa» nosaukta sengrieķu mitoloģijas atbērtības dievietes vārdā, jo, pēc hipotēzes izvirzītāju un aizstāvju ieskata, šī vājā zvaigzne, pārvietodamās pa ļoti ekscentrisku orbītu, ik pēc 30 miljoniem gadu pienāk tuvu Saules sistēmai, izraisot uz Zemes ekoloģiskas katastrofas. Paleontoloģijas speciālisti apgalvo, ka ar šādu periodu atkārtojoties būtiskas izmaiņas faunā un florā. Viena no populārākajām šādām katastrofām ir jo bieži diskutētā dinosaurus izmiršana krīta perioda beigās pirms aptuveni 60 miljoniem gadu. Katastrofu izraisot Zemes intensīvā «bombardēšana» ar komētām, ko pietuvojusies zvaigzne birdina ārā no gigantiskā Orta komētu mākoņa, kas aptver Saules sistēmu. Rezultātā notiekot apkārtējās vides un atmosfēras piesārņošana ar indīgām gāzēm un putekļiem, kas izraisa daļēju faunas — floras izmiršanu un ledus laikmeta iestāšanos — kā redzam, hipotēzē ietverti ļoti laikmetīgi motīvi. Līdzšimējie intensīvie Nemesīdas meklējumi, ko vēl M klases zvaigžņu vidū veic Kalifornijas universitātes astronomi, nav bijuši veiksmīgi, tādēļ saprotama interese, ko izraisīja Gemingas ātrās kustības konstatēšana.

Lai kā arī būtu ar Gemingu kā ekoloģisku katastrofu cēloni, no tās kā Saules 160^m pulsācijas ierosinātāja nācās atteikties. Aprēķins parādīja, ka Gemingas gravitācijas viļņu starojuma intensitāte ir ap 1000 reizu par vāju, lai iesvārstītu Sauli. Turklāt Saules 160^m svārstību perioda precizēšana (pēc jaunākajiem datiem, tas ir vienāds ar $160,0102=0,0005$ min) skaidri

4. att. Kataklimisko maiņzvaigžņu orbitālo periodu sadalījums.



parādīja, ka tas atšķiras no Geringas pulsāciju perioda. Tā nu sabruka šī intriģējošā hipotēze.

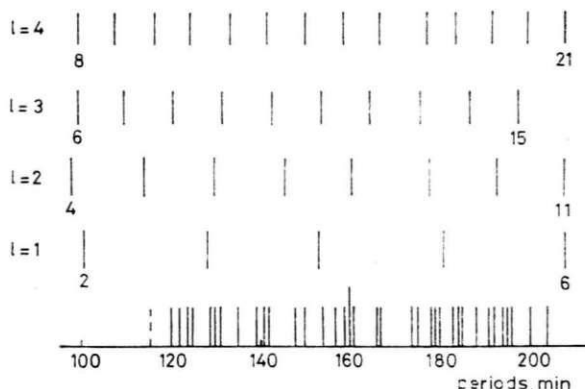
Taču Kotovs savos 160^m perioda meklējumos neierobežojas ar Saules sistēmu vien, bet, piešķirot šim periodiskumam universālu raksturu, intensīvi meklē parādības ar šādu periodu visas Galaktikas robežās. Un, kā jau tas mēdz būt, tāda neatlaidība tiek atalgota. Izanalizējis ap 4000 ciešo dubultzvaigžņu orbitālo periodu sadalījumu, viņš secina, ka šie periodi uzrāda noteiktu samērojamību ar 160^m daudzkārtni. Vēl izteiktāk šis fakts parādās t. s. kataklizmisko maiņzvaigžņu (loti ciešas dubultzvaigznes, kuru periods ir aptuveni dažas stundas) periodu sadalījumā. Kā redzam 4. attēlā, 160^m periodam atbilst sprauga periodu sadalījumā. Arī abi maksimumi un īsperioda robeža ir racionālā attiecībā ar 160^m . Līdzīgas īpatnības, kā atzīst Kotovs, ir arī lodveida zvaigžņu kopām raksturīgo RR Liras tipa maiņzvaigžņu periodu sadalījumā. Jā, un kur tad vēl paliek diennakts maiņas periods uz Zemes un līdz ar to arī mūsu dzīves bioloģiskais pamatritms — tas taču arī ir samērojams ar šo universālo periodu, jo $160^m/24^h = 1/9!$

Ar minētajiem faktiem vēl nebūt nav izsmeltas visas Kotova atrastās samērojamības un sakrītības, bet pārējās lai nu paliek rezervē, jo idejas būtība ir skaidra no minētā vien. Kotova skatījumā tā atgādina debess harmoniju Keplera garā: milzīgs mehānisms, kura vidū kaut kur tikš Galaktikas (varbūt pat Visuma?) pulk-

stenis, un tā ritma pieskaņa jaušama zvaigžņu pasaules jo daudzu periodisko procesu norisēs, šajā universālajā takszmērā viegli dreb arī Saule un klusu piešķindina planētu orbītas. Cik te taisnības, to rādīs laiks, bet nu gan atgriezīsimies pie pašsvārstībām.

IZBRĀĶĒTAIS STANDARTS

Jau pirmie mēģinājumi salīdzināt Saules standartmodeļa izskaitļoto svārstību spektru ar novēroto parādīja, ka tie nesakrīt. Turklāt teorētiskajā spektrā nekas neatbilda novērojumos tik izteiktajai 160^m svārstībai. Tā nu līdzās neitrīno problēmai Saules iekšējās uzbūves vispārpieņemtajam modelim radās jauna problēma — aprēķināto un novēroto globālo svārstību neatbilstība. Vienlaikus savas pretenzijas tam izvirzīja arī paleoklimatologi — speciālisti, kas pēta mūsu Zemes klimata izmaiņas pagājušos laikmetos. Standartmodeļa ietvaros zvaigžņu evolūcijas teorija ir novērtējusi, ka 4,6 miljardos gadu, kopš Saule pastāv, tās spožums pieaudzis par 30 procentiem. Taču pret to kategoriski iebilst seno klimatu pētnieki: ja siltums, ko Zeme saņem no Saules, samazinātos pat par 5%, iestātos globāls ledus laikmets — okeāni aizsaltu un visu Zemi pārklātu bieza ledus garoza, kādu to mūsdienās redzam Antarktīdā. Ja pagātnē būtu pastāvējis šāds pilnīgs apledojums, kā gan tad bija iespējama dzīvības iz-



5. att. Novēroto Saules pašsvārstību un «netirās» Saules modeļim aprēķināto g modu periodu spektru salīdzinājums. Skaitļi zem līnijām norāda n vērtības.

veidošanās un ilgstošā evolūcija, kuras notikumiem bagātā vēsture tik neapstrīdami dokumentēta senajās augu un dzīvnieku fosilijās.

Un tā nu iepriekš minētajām divām problēmām pievienojas vēl trešā — «ledus laikmeta» problēma. Ja katru no šīm problēmām atsevišķi ņemtu vēl var raudzīt saskaņot ar Saules standartmodeļi, pēdējo tā vai citādi «pielāpot», tad kopumā tas neizdodas — korekcijas, kas uzlabo saskaņu vienai no tām, palielina neatbilstību pārējām. Acīmredzot kaut kas mūsu pamatpriekšstatos par Saules iekšējo struktūru ir aplams.

Neitrīno problēmu — vismaz Deivisa eksperimenta rezultāta ietvaros — var raudzīt risināt, samazinot berilija-bora atzarojuma ieguldījumu p procesā. To var panākt, pieņemot, ka šo un līdz ar to pārējo metālu saturs Saules kodolā ir mazāks nekā standartmodelī. Aprēķini rāda, ka šādiem ar metāliem nabadzīgiem Saules modeļiem arī centrālā apgabala temperatūra ir zemāka nekā standartam, kas tāpat darbojas vēlamajā virzienā. Taču standartmodeļa metālu saturs atbilst tam, kāds jo daudzos pētījumos noteikts Saules atmosfēras spektrālnalizē. Lai samierinātu abas šīs pretīšķības, L. Kristens-Dalsgārds un citi 1979. gadā izvirzīja tā sauktās netirās Saules koncepciju. Proti, sākotnēji Saulei tiešām esot bijis mazs metālu saturs, kāds nepieciešams neitrīno plūsmas saskaņošanai ar eksperimentu, bet planētu sistēmas veidošanās laikmetā notikusi masveidīga

dīga metāliem bagātā protoplanetārā materiāla akrēcija uz tās virsmas; līdz ar to metālu saturs pieaudzis līdz tam līmenim, kādu tur tagad novērojam. To, ka Saules sistēmas agrīnajā periodā ir bijis intensīvs «bombardēšanas» posms, noliegt nevar. Tā norise ir «ieprotokolēta» Mēness un Merkura krāteriem izraibinātajās virsmās, un, kā parādīja kosmisko lidaparātu «Voyager» telekamas, arī Jupitera un Saturna pavadoņi ir stipri cietuši. Un tomēr šāda hipotēze par Saules atmosfēras piesārņošanu izskatās mazliet aiz matiem pievilktā — tas nozīmē pieņemt, ka Saule un planētas, ja jau tām ir tik atšķirīgs sastāvs, nav veidojušās kopējā procesā. Turklāt nav saprotams, kā šī «netirā» Saule gadu miljardos dažādu perturbāciju ietekmē nav sajaukusies, jo struktūra, kur smagākie slāņi novietoti virs vieglākajiem, ir nestabila. Taču, neraugoties uz šā modeļa samākslotību, tas ieguvis zināmu popularitāti. Tā Krimas astronomi nesen detalizēti salīdzinājuši novēroto svārstību spektru un no viena šāda modeļa aprēķināto spektru (centrālajā daļā relatīvais metālu saturs $Z=0,001$, bet atmosfērai $Z=0,03$) un ieguvuši visai apmierinošus rezultātus (sk. 5. att.), katrā ziņā labākus nekā standartmodelim. Atrastas pat vairāku svārstību periodu sakritības un rezonanses, kas zināmā mērā izceļ 160^m periodu.

Un tomēr «netirā» Saule izskatās tik nepievilcīga...

SAULE AR DZELZS KODOLU PRET «NETĪRO» SAULI

Pēdējā laikā jaušams, ka sāk iezīmēties jauns priekšstats par Saules iekšējo uzbūvi, kas ir diametrāli pretējs «netīros» Saules modelim. Tā vietā, lai ar metālu bagātinātos slāņus novietotu Saules perifērijā, tos var novietot tās centrā, tad nebūs jāraizējas par konfigurācijas nestabilitāti. Varētu likties, ka tad taču neitrīno plūsma no Saules palielināsies un saskaņa ar eksperimentu var tikai pasliktināties. Jā, tā tiešām būs, ja vien nerīkosimies pavisam radikāli un nepieņemsim, ka metālu saturs Saules kodolā ir visi 100 procenti. Izsakoties nedaudz metaforiski, varētu teikt, ka šādai Saulei ir dzelzs kodols. Patiesībā kodola ķīmiskais sastāvs nav svarīgs, izņemot vienu īpatnību — tajā nav ūdeņraža. Tādējādi ideja par dzelzs kodolu dod vienkāršu un elegantu risinājumu Saules neitrīno problēmai. Pašu centrālo apgabalu, kur ir visaugstākā temperatūra, tagad aizņem inertijs kodols, kas nepiedalās enerģijas ražošanā. Ūdeņraža degšana virs kodola notiek zemākā temperatūrā, un līdz ar to ir samazināta neitrīno plūsma.

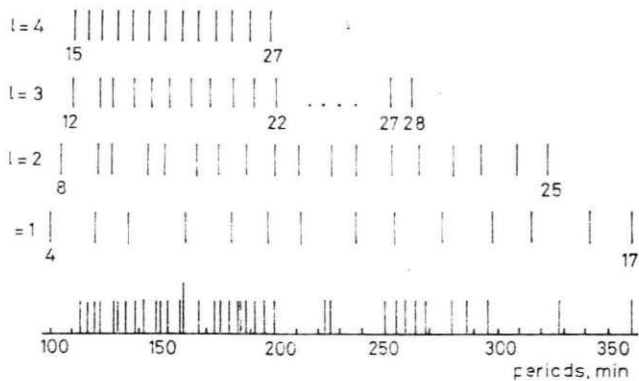
Priekšstats par Sauli ar dzelzs kodolu ir pievilcīgs arī citā ziņā. Tas ir ļoti dabisks — pietiek atcerēties, ka šādi kodoli ir visām planētām, pat ar ūdeņradi un hēliju bagātajām ārējām planētām. Tagad dominē uzskats, ka komētām tāpat ir ar oglekli un silikātiem bagātināti kodoli, kuru centrā var būt pat dzelzs, jo ar reliktu komētu kodoliem taču saista zināmas asteroīdu daļas izcelsmi, kā arī meteoru plūsmas, bet to sastāvā noteikti ietilpst gan ogleklis, gan dzelzs. Tas nozīmē, ka metāliem bagātu kodolu izslāņošanās Saules sistēmas ķermeņu veidošanās procesā ir universāla parādība. Tad kādēļ gan šāds kodols nevarētu būt arī tās centrālajam objektam — pašai Saulei? Un, iespējams, ne tikai Saulei, bet zvaigznēm vispār.

Ja pārļapojam vecāku gadagājumu astronomijas periodiku, varam pamanīt, ka 50. gadu beigās ķīniešu izcelsmes amerikāņu astrofizikis S. Hjuengs aplūkojis iespēju, vai Saules un zvaigžņu veidošanās procesa pirmā fāze nav

bijusi centrālā kodola kondensācija. Kodols veidojas, putekļu daļiņām salīpot un sablīvējoties, un tikai tad, kad putekļu kodols sasniedzis jau noteiktu izmēru un kļūst jūtams tā pievilksanas spēks, sākas gāzu akrēcija uz tā. Tolaik, kad Hjuengs izteica savus minējumus par zvaigžņu veidošanās procesu, vēl nebija ne miņas no Saules neitrīno un globālo svārstību problēmām, tādēļ uz šādu uzskatu viņu rosināja pavisam citi apsvērumi, kas saistījās ar dubultzvaigžņu veidošanās skaidrojumu. Ir grūti iedomāties, ka daudzkrāsās zvaigznes, kā arī zvaigžņu kopas varētu veidoties tīri gāzveida vidē. Atomu un molekulu haotiskās kustības lielā ātruma dēļ gāze ir ļoti dinamiska vide, kurā katrs nejausšs lokāls sablīvējums atkal ātri izlīdzinās, pirms paspēj tiktāl sablīvēties, lai kļūtu par akrēcijas centru. Ir saprotama vienas centrālās kondensācijas veidošanās gāzes mākonī, bet kā tur varētu rasties daudzās? Pavisam citādi ir ar putekļiem — tie ir cietas vielas fāze, to ātrums ir mazs un savstarpējās sadursmēs notiek to salīšana.

Tagad ir labi zināms, ka starpzvaigžņu vides un gigantisko molekulāro mākoņu putekļu sastāvā ietilpst galvenokārt smagākie elementi — ogleklis, silīcijs un dzelzs grupas elementi, turpretī gāzveida fāze sastāv pārsvarā no ūdeņraža un hēlija. Metāliskā komponenta izgulsnēšanās putekļos ir vispār pieņemtais skaidrojums metālu deficītam starpzvaigžņu vides gāzē.

Bet vai šādi Saules modeļi spēj pareizi aprakstīt arī tās svārstību spektru? Šķiet, ka jā. Vistuvāk tam ir modeļi, ko konstruējis S. Rauzs, — fiesa, viņš centrā ir atstājis nedaudz ūdeņraža. Tā, vienā no šiem modeļiem, kas vislabāk atbilst pašreizējiem Saules parametriem, centrālais kodols satur, rēķinot pēc masas, 15% ūdeņraža, 11% — hēlija un 74% dzelzs. Kodola rādiuss ir ap 4% no Saules rādiusa un temperatūra uz tā robežas ap 14 miljonus grādu, tādēļ lielas enerģijas neitrīno plūsma nāk tikai no ierobežotā ūdeņraža daudzuma kodolā, un tas atbilst Deivisa eksperimenta datiem. 6. attēlā parādīts šā modeļa svārstību spektrs intervālā no 100^m līdz 960^m salīdzinājumā ar Krimas un Stenforda observatorijas novēroto spektru. Detalizētāka analīze



6. att. Novēroto Saules pašsvārstību periodu spektra salīdzinājums ar periodu spektru, kāds aprēķināts modelim ar lielu metālu saturu kodolā. Skaitļi zem līnijām norāda n vērtības.

rāda, ka atbilstība ir labāka nekā «neitīrās» Saules modelim, ar kura palīdzību savus rezultātus mēģina interpretēt Severnija grupa. Tā nu iznāk, ka modeļi, kuros ir metālu kodols, veiksmīgi «ītek galā» ar abām klasiskajām Saules iekšējās uzbūves problēmām, turklāt šāda struktūra dabiski izriet no priekšstatiem par zvaigžņu veidošanās procesu. Tādēļ ir pamats domāt, ka tie attiecas ne tikai uz Sauli vien, bet ka tiem ir universāls raksturs. Šādi modeļi un to evolūcija citām zvaigznēm pagaidām nav izstrādāti, taču ir aizsākti mēģinājumi iegūt tām pašsvārstību spektru. Tā kā jau Saulei tikko iespējams reģistrēt neitīrno plūsmu, tad ielūkoties citu zvaigžņu dzīlēs iespējams, vienīgi pētot to pašsvārstību spektru.

ASTROSEISMOLOĢIJAS PIRMIE SOĻI

Zvaigznes vielas radiālās pulsācijas, kurām ir dažu stundu ilgs periods, vēlo spektra klašu milžos Arkturā un Aldebaranā mēģinājis konstatēt M. Šmits no Makdonalda observatorijas (ASV). Viņš spektra sarkanajā daļā pie 6300 Å reģistrēja zvaigznes spektra līniju nobīdi preturpat blakusesošajām teluriskajām skābekļa līnijām, kuras rodas Zemes atmosfērā. Abu zvaigžņu spektros bija vērojama periodiska līniju pārvietošanās, kas liecina par šo zvaigžņu pulsāciju. Arkturam pulsāciju periods ir ap

97^m, amplitūda ap 4 m/s, bet Aldebaranam — 110^m un divreiz lielāka amplitūda. Kā rāda aprēķini, K spektra klases sarkanajiem milžiem, kuriem ir ļoti plašas, uzblīdušas atmosfēras, šādi periodi varētu atbilst Saules 5^m pulsāciju p modām.

Pulsācijas, kas atbilst g modām, konstatētas mums pašas tuvākās zvaigznes, tas ir, Centaura α , galvenajā komponentā — Saules tipa pundurī. Līdzīgas, kaut arī nedrošas ziņas ir vēl par dažām citām Saules tipa zvaigznēm.

Šie pētījumi, protams, ir tikai pirmie soļi — pats aizsākums jaunam maģistrālam pētniecības virzienam zvaigžņu astronomijā. To varētu nosaukt par astroseismoloģiju vai zvaigžņu akustisko spektroskopiju. Iespēja ielūkoties zvaigžņu dzīlēs, detalizēti iztaustīt to iekšējo struktūru līdz pašam centram, noteikt atsevišķu slāņu rotācijas ātrumu — tas ir kas pavisam jauns, kura nozīme ir acīm redzama. Raugoties vēsturiskā aspektā, redzam lielu līdzību ar situāciju pagājušā gadsimta beigās, kad tāpat pirmos soļus spēra zvaigžņu optiskā spektroskopija. Pēc pirmo zvaigžņu spektrogrammu iegūšanas tāpat radās nojausma par šīs jaunās pētniecības metodes milzīgo nozīmi un perspektīvām, taču ievākt bagāto atziņu ražu varēja tikai mūsu gadsimtā. Savukārt, zvaigžņu akustiskā spektroskopija ir siafete, ko mūsu gadsimta astronomija nodod nākamajam gadsimtam. Kaut cik izvērsta un produktīvā veidā tā nav domājama bez bāzēšanās kosmosā, ne kurienes, Zemes atmosfēras turbulences neirau-

cēts, plašs kosmisko teleskopu tīkls nepārtaukti izseko sīkām dažādu tipu zvaigžņu spožuma svārstībām. Iegūtā informācija nepārtauktā plūsmā tiek pārraidīta uz Zemi, kur to analizē ātrdarbīgas ESM, izdalot atsevišķu svā-

stību periodus un amplitūdas un no tiem sastādot zvaigznes akustisko spektru, lai pēc tā, savukārt, rekonstruētu tās iekšējo slāņu struktūru un kustību. Tādu mēs varam iztēloties zvaigžņu pētniecību nākotnē.

TEMPERATŪRU PASAULĒ

**BRUNO
ROLOVS**

Ikvienā ķermenī notiek siltumkustība, kuras kvantitatīvai raksturošanai fizikā izmanto īpašu jēdzienu — temperatūra. Mainoties temperatūrai, mainās daudzas ķermeņu fizikālās īpašības. Tāpēc ir interesanti doties nelielā ceļojumā «pa temperatūras asi» — gan uz pozitīvo, gan negatīvo absolūto temperatūru pusi. Tad atklājas daudz jauna un negaidīta. Par to īsi pastāstīts šajā rakstā.

Ikvienam no mums ir labi pazīstami tādi sadzīvē bieži lietoti jēdzieni kā silts, karsts, vēss, auksts. Un tomēr pagāja diezgan ilgs laiks, iekams fiziķi pietiekami dziļi izprata jēdzienu temperatūra. Tagad varam teikt, ka šim fizikālajam lielumam grūti dot vienkāršu un īsu skaidrojumu.

Kas tad īsti ir temperatūra, un ko tā raksturo? Atbilstoši mūsdienu fizikas priekšstatiem, vispārīgākā atbilde skanētu šādi: temperatūra raksturo siltumkustības intensitāti un tāpēc var kalpot par šīs kustības izpausmes mēru. Siltumkustība dažādos vielas agregātstāvokļos — gāzē, šķidrumā un cietā ķermenī — noris atšķirīgi. Tāpēc arī vielas agregātstāvokļu analīze atklāj dažādus ar temperatūru saistītus aspektus. Gāzē siltumkustība izpaužas galvenokārt kā haotiska molekulu kustība dažādos virzienos un dažādos ātrumos. Jo ātrāk un haotiskāk kustas molekulas, jo augstāka ir gāzes temperatūra. Cita siltumkustības aina vērojama, cietā ķermenī — atomi, molekulas vai joni, kuri veido kristālisko vielu (kristālrežģi), svārstās ap atbilstošajiem līdzsvara stāvokļiem. Jo ātrāk svārstās atomi, molekulas vai joni, jo augstāka ir cietvielas temperatūra. Vēl cita siltumkustības aina vērojama šķidrumos un amorfās vielās.

Lai varētu siltumkustību raksturot ne tikai kvalitatīvi, bet arī kvantitatīvi, temperatūru jā-

prot izmērīt. Mainoties ķermeņa temperatūrai (sildīšanas vai dzesēšanas rezultātā), mainās ķermeņa fizikālās īpašības, vai arī otrādi — pēc fizikālo īpašību maiņas var spriest par temperatūras izmaiņām. Pēdējo faktu parasti izmanto, lai izveidotu īpašus mēraparātus — termometrus, kaut arī tas ne vienmēr ir termometrs šā vārda parastajā nozīmē, tas ir, līdzīgs istabas vai medicīniskajam termometram.

Kā jau teikts, temperatūra ir sarežģīts abstrakts jēdziens, un to nevar mērīt tieši. Termometrijas — zinātnes par temperatūras mērīšanu un tās metodēm — pirmsākumi saistās ar 17. gadsimtu, kad izgudroja stikla termometru ar šķidruma pildījumu. Temperatūras mērīšanai nepieciešama noteikta termometriskā īpašība (piem., gāzes tilpuma, elektriskās pretestības vai kādu citu fizikālo lielumu izmaiņas), termometriskā viela (gāze, spirts, dzīvsudrabs u. c.), noteikts atskaites punkts un temperatūras mērvienības — grāda lielums, tas ir, temperatūras skala.

Pirmajos mēģinājumos raksturot ķermeņa siltuma vai aukstuma pakāpi figurēja temperatūras skalas, kurām bija tikai viens fiksēts punkts un noteikts grāda lielums jeb vērtība. Protams, ka principā var noteiktam šķidrums stabiņa stāvoklim termometrā (piem., ja tas ievietots ūdens un ledus maisījumā) piekārtot nosacītu temperatūru 0° un noteiktai šķidrums

tilpuma (stabiņa līmeņa) izmaiņas daļai piekārtot 1 grādu. Tomēr viegli saprotams, ka te rodas virkne problēmu: viss atkarīgs no termometra caurulītes izmēra un šķidrums rezervuāra (kolbas) tilpuma. Tāpēc šādi temperatūras mērījumi bija ļoti neprecīzi un praktiski neatkārtojami, ja tos veica dažādi pētnieki dažādās vietās ar dažādiem termometriem.

Parasti skalai izvēlas divas temperatūras, kuras nosauc par fiksētajiem (arī: pastāvīgajiem, repera) termometra punktiem. Tie atbilst noteiktām parādībām vai noteiktiem atbilstošās sistēmas stāvokļiem. Ja izvēlētas divas temperatūras, tad attiecīgās temperatūras skalas grādu iegūst, sadalot intervālu starp šīm temperatūrām vienādās noteiktā skaita daļās. Saskaņā ar šo metodi, pieņem, ka attiecīgā fizikālā īpašība aplūkojamajā temperatūru intervālā izmainās lineāri, kas patiesībā ir pareizi tikai tuvināti. Atkarībā no fiksēto punktu un grāda izvēles var izveidot ļoti daudzas, principā pat bezgalīgi daudzas, tā sauktās empīriskās temperatūru skalas. Tā, piemēram, izvēloties termometrisko īpašību x , kura atkarīga no temperatūras t , tas ir, $x=x(t)$, temperatūru var noteikt pēc formulas

$$t^x = n(x_t - x_0)/(x_n - x_0),$$

kur x_t un x_0 ir īpašības x raksturojošās skaitliskās vērtības temperatūrā t un atskaites punktā, bet $(x_n - x_0)/n$ nosaka grāda lielumu fiksētajiem punktiem x_n un x_0 . No šejienes arī izriet, ka atkarībā no termometriskās vielas un īpašības, funkcijas $x=x(t)$ un repera punktiem var izvēlēties dažādas empīriskās temperatūras skalas. Ja šīs skalas atšķiras tikai ar funkciju $x=x(t)$ veidu, tad samērā vienkārši pārrēķināsi temperatūru no vienas skalas kādā citā.

Aplūkotie tagad šķietami vienkāršie atzinumi temperatūru skalu izvēlē vēsturiski veidojās visai interesanti. Šķiet, ka viens no pirmajiem, kas nopietni pievērsās temperatūras mērīšanai, bija slavenais angļu zinātnieks Izaks Ņūtons (1643—1727). Ar temperatūras mērīšanu saistītus pētījumus Ņūtons veicis Kembridžā jau 1693. gadā. 1701. gadā angļu žurnālā «Philosophical Transactions» viņš bez paraksta publicēja nelielu, bet nozīmīgu rakstu ar nosaukumu «Par siltuma un aukstuma skalām». Ar šo darbu būtībā aiz-

sākas termometrija un plašākā nozīmē arī mācība par siltumu un tā īpašībām. Šajā darbā Ņūtons dod temperatūras, kādas raksturīgas dažādām vielām dažādos stāvokļos. Par fiksētajiem punktiem Ņūtons izvēlas kūstoša sniega temperatūru (0° N, kur $^\circ$ N — Ņūtona grāds) un vāroša ūdens temperatūru (34° N). Kā redzams, attiecīgo temperatūru intervālu Ņūtons sadalīja 34 vienādās daļās. Tāpēc viegli saistīt Ņūtona skalu ar citu, piem., Celsija skalu, 1° C = $0,34^\circ$ N. Ņūtons izmantoja termometru ar lineļņas pildījumu; viņš novēroja sakarsētas dzelzs atdzišanu, tādējādi fiksējams vairākas temperatūras. Par to precizitāti var spriest pēc te dotajiem skaitļiem, kuri rāda Ņūtona noteiktās temperatūras, pārrēķinātas Celsija skalā (1. aile), un tagad zināmās vērtības (2. aile).

Sniega kušana	0°	0°
Cilvēka ķermeņa temperatūra	$35,5^\circ$	$36—37^\circ$
Vaska kušana	80°	ap 68°
Ūdens vārīšanās	100°	100°
Svina kušana	281°	327°

Kā redzams, precizitāte nav sevišķi augsta, taču jāņem vērā, ka dati iegūti pirms 280—290 gadiem!

Vēsture nesniedz mums precīzu atbildi uz jautājumu, kurš pirmais izmantojis divus fiksētos punktus termometram. Daži vēsturnieki uzskata, ka tas bija nevis Ņūtons, bet gan daņu astronoms Ole Rēmers (1644—1710). Viņš arī pirmais atklāja, ka gaisma izplatās ar galīgu ātrumu. Rēmers par savas skalas augšējo fiksēto punktu tāpat izvēlējās ūdens vārīšanās temperatūru, kuru pieņēma par vienādu ar 60 grādiem. Nav skaidrības par Rēmera skalas apakšējo fiksēto punktu. Daži pētnieki uzskata, ka tas saistīts ar ledus, ūdens un vārāmās sāls maisījuma stāvokli; tā temperatūra pieņemta par nulli. Citi, savukārt, uzskata, ka skalas apakšējais fiksētais punkts bijusi ledus kušanas temperatūra, kuru Rēmers pieņēmis par $7,5$ grādiem. Šķiet, mums tā arī neizdosies noskaidrot, kāds īstenībā bijis Rēmera skalas apakšējais fiksētais punkts, jo viņa pieraksti acīmredzot gājuši zudumā 1728. gada lielajā ugunsgrēkā Kopenhāgenā.

Nākamais solis termometrijā saistās ar vācu fiziķi Gabrielu Danielu Fārenheitu (1686—1736). Ir zināms, ka 1708. gadā viņš apmeklēja Rēmera laboratoriju Kopenhāgenā un droši vien iepazīnās ar tā ideju par divu fiksēto termometra punktu izmantošanu. Fārenheitam temperatūru skalas apakšējā fiksētā punkta izvēlē ir vēl vairāk neskaidrību nekā Rēmeram. Daži pētnieki apgalvo, ka šis punkts ir ledus kušanas temperatūra (7,5° tāpat kā Rēmeram), citi atkal domā, ka tā bijusi ledus, ūdens un vārāmās sāls maisījuma temperatūra, kurai atbilda 0° F. Par skalas augšējo fiksēto punktu Fārenheits izvēlējās vesela cilvēka ķermeņa temperatūru (100° F); tad ūdens vārīšanās temperatūrai atbilst 212° F.

Daudzi zinātnieki jau tolaik uzskatīja, ka saistīt temperatūras skalu ar cilvēka ķermeņa temperatūru nav sevišķi izdevīgi: dažādiem cilvēkiem un pat vienam un tam pašam cilvēkam temperatūra noteiktās robežās var mainīties.

Nedaudz vēlāk, ap 1730. gadu, franču dabaszinātnieks Renē Antuāns Fešo de Reomīrs (1683—1757) ievieš jaunu temperatūras skalu. Tā bija it kā atgriešanās pie temperatūras skalas ar vienu, apakšējo fiksēto punktu. Par tādu Reomīrs izvēlējās ledus kušanas temperatūru (0° R). Par grādu viņš pieņēma termometra stabiņa līmeņa izmaiņu, kura atbilda termometra šķidrums (spirta) tilpuma izmaiņai par vienu tūkstošo daļu. Dabiski, ka šādā gadījumā grāds atkarīgs no konkrētā termometrā iepildītā spirta tīrības. To saprata jau pats Reomīrs un tāpēc termometru izgatavošanai sniedza plašus, bet diemžēl ļoti neskaidrus un pretrunīgus norādījumus. No tiem varēja secināt, ka ūdens vārīšanās temperatūrai šajā skalā atbilst apmēram 80° R, kaut gan Reomīrs skaidri to nekur nav pateicis. Tāpēc arī vēlāk, 18. gadsimta beigās, Reomīra temperatūras skala, kurai sākumā bija tikai viens (apakšējais) fiksētais punkts, kļuva par skalu ar diviem fiksētajiem punktiem — 0° R un 80° R — atbilstoši ūdens sasaldēšanas un vārīšanās temperatūrām. To arī ņēma vērā Parīzes amatnieki, kad vēlāk sāka izgatavot Reomīra termometrus.

Svarīgu, mūsdienām jau tuvāku soli spēra pazīstamais zviedru astronoms un fiziķis Anderss

Celsijs (1701—1744). Viņš ieviesa tā saukto simtgrādu temperatūras skalu. 1748. gadā šo skalu oficiāli pārdēvēja par Celsija skalu. Tajā ledus kušanas temperatūra ir 0° C, bet ūdens vārīšanās temperatūra 100° C. Taču vēsture arī šeit sagādā dažus pārsteigumus. Tā, piemēram, noskaidrots, ka 1742. gadā Celsijs ieteicis simtgrādu skalu, kurā viss bija otrādi salīdzinājumā ar to, ko zinām šodien, proti, ūdens vārīšanās notiek 0° temperatūrā, bet ledus kušanai atbilst 100 grādu. Iespējams, ka Celsijs patiešām bija pirmais, kurš izmantoja simtgrādu skalu, tomēr arī tas nav īsti pierādīts. Pilnīgi neskaidrs ir jautājums par to, kas «apgrīzījis» šo skalu otrādi, mūsdienās pieņemtajā veidā. Šķiet, ka tas nav bijis pats Celsijs. Bet kas tad? To diemžēl nezinām un varbūt arī nekad neuzzināsim.

Pēdējo, izšķirošo soli temperatūru skalu vēsturē spēra pazīstamais angļu fiziķis, viens no termodinamikas pamatlicējiem, Viljams Tomsons (1824—1907), kuram par izciliem nopelniem zinātnē 1892. gadā tika piešķirts lorda Kelvina tituls. Izmantojot termodinamikas pamatlikumus, galvenokārt otrā termodinamikas likuma vispārīgo raksturu, 1848. gadā Kelvins ieteica izmantot temperatūras skalu, kuru tagad mēdz saukt par Kelvina skalu (to sauc arī par termodinamisko, absolūto temperatūru skalu). Kelvina skala ir atgriešanās pie skalas ar vienu fiksēto punktu. Tas ir ūdens trīskāršais punkts, kura temperatūra apmēram par 0,01° C pārsniedz ledus kušanas temperatūru. Trīskāršais punkts ir vienīgā temperatūra, kurā var pastāvēt līdzsvarā visas trīs iespējamās ūdens fāzes: šķidrā, gāzveida un cietā. Kelvina skalā ūdens trīskāršajam punktam atbilst 273,16 K. Šai skalai nav īsta apakšējā fiksētā punkta; ja tāds arī eksistētu, tas varētu būt absolūtā nulle (0° K) — temperatūra, kuru principā nevar izmantot termometra graduēšanai, jo, saskaņā ar trešo termodinamikas pamatlikumu, absolūto nulli nevar sasniegt. Tā kā Kelvina skalā ir fiksēts tikai viens — ūdens trīskāršais punkts, ledus kušanas un ūdens vārīšanās temperatūras eksperimentāli jāizmēra. 1954. gadā, kad par ūdens trīskāršā punkta temperatūru tika pieņemti 273,16 K, šīm temperatūrām atbilstošās vērtības (ar precizitāti 0,01°) bija 273,15 K un

373,15 K. Kā redzams, intervāls starp tām ir 100 grādu. Tāpēc arī ledus kušanas un ūdens vārīšanās temperatūrām Celsija skalā atbilda vērtības $0,00^{\circ}\text{C}$ un $100,00^{\circ}\text{C}$, kaut gan šo vērtību precizitāte ir apmēram 0,01 grāds. Jautad kļūva skaidrs, ka jauni, precīzāki mērījumi var situāciju mainīt. Tā patiešām notika: 1980. gadā tika eksperimentāli noteikts, ka ūdens vārīšanās temperatūra ir $99,975^{\circ}\pm 0,003^{\circ}$. Tātad intervāls starp ledus kušanas un ūdens vārīšanās temperatūrām vairs nav 100 grādu! Tas izriet no Kelvina skalas izveides principiem. Pie 100° intervāla varētu atgriezties, ja mainītu ūdens trīskāršajam punktam atbilstošo temperatūru, tomēr tas nav ērti, tāpēc joprojām tiek paturēta jau minētā vērtība 273,16 K un grāda vērtība, kas atbilst 100° intervālam starp minētajiem punktiem.

Kelvina skala ir zināmā mērā ideāla, taču praksē daudzos gadījumos nepieciešama vienkāršāka un ērtāka skala. Daudz pūļu tika vēlēts, lai izveidotu tā saukto starptautisko praktisko temperatūru skalu. To pieņēma 1968. gadā. Atšķirībā no Kelvina skalas tai ir nevis viens, bet gan vairāki fiksētie punkti (temperatūras). Tagad izmanto skalu, kurā ir 11 fiksēti punkti, sākot ar ūdenraža trīskāršo punktu (13,81 K) un beidzot ar zelta sacietēšanas temperatūru (1337,58 K). Šāda skala izveidota, lai būtu ērti mērīt temperatūru dažādos intervālos. Vienlaikus tai vajadzēja būt pēc iespējas līdzīgai vai pat ekvivalentai Kelvina skalai. Tāpēc arī viens no jaunās skalas fiksētajiem punktiem ir ūdens trīskāršais punkts, kuram atbilst tāda pati temperatūra kā Kelvina skalā.

Mēs šeit īsi aplūkojam tikai galvenās temperatūras skalas, kuras ieguvušas paliekošu vietu, bet tās, protams, nav vienīgās. Laika ritumā ieteiktas un kaut vai neilgu laiku izmantotas ļoti daudzas temperatūras skalas. Tā, piemēram, amerikāņu zinātnieks Midltons apraksta 1754. gadā izgatavotu termometru, uz kura paneļa atzīmētas 18 temperatūras skalas, bet Boltons aprakstījis pat 35 dažādas skalas. Vairums šo skalu jau sen atmestas, tomēr kaut kas no skalu daudzveidības saglabājies vēl mūsdienās. Nebūtu jābrīnās, ka 1869. gadā Amerikā publicētā mācību grāmatā minētas trīs tajā laikā galvenās, pēc autora domām, līdzvērtī-

gas, temperatūras simtgrādu skalas — mums pazīstamās Celsija, Reomīra un Fārenheita skalas. Taču līdzīga aina sastopama arī tagad: pazīstamās amerikāņu firmas «Cenco» 1981./82. gada katalogā joprojām tiek reklamēts trīsskalu termometrs, kurš rāda gaisā temperatūru visās trīs iepriekš minētajās skalās. Tāpat mēs ikdienas dzīvē un tehnikā joprojām izmantojam Celsija skalu, bet fizikā priekšroku dodam Kelvina skalai.

Pilnveidojoties priekšstatiem par fizikālās sistēmas uzbūves un stāvokļa saistību ar temperatūru, pāvērās arī jaunas iespējas temperatūras mērīšanai, piemēram, izmantojot ķermenim piemītošo termisko (siltuma) sirojumumu. Tagad samērā vienkārši var izmērīt Saules virsmas temperatūru ar aparātūru, kura novietota uz Zemes, tas ir, termometram un objektam nebūt nav savstarpēji jāsaskaras, kā tas bija, mērot temperatūru ar parastajiem termometriem.

Pēc tam kad galvenajos vilcienos noskaidrojās temperatūras jēdziena fizikālā izpratne un cilvēki iemācījās to samērā precīzi izmērīt, fizikā un tehnikā izvirzījās cits svarīgs uzdevums — iespējamo temperatūru intervāla paplašināšana, apgūstot arī tādas temperatūras, kuras parastajos apstākļos uz Zemes nav sastopamas. Sevišķu interesi izraisa vielas īpašības ļoti vājas un ļoti intensīvas siltumkustības apstākļos, tas ir, sevišķi zemās un sevišķi augstās temperatūrās. Ar fizikālo īpašību pētījumiem šajos gadījumos nodarbojas atbilstoši zemo temperatūru un augsto temperatūru fizika.

Tagad fizikū rīcībā ir vesels arsenāls metožu, lai iegūtu temperatūras, kas ir gan tikai nedaudz augstākas par absolūto nulli, gan sasniedz vairākus desmitus miljonu grādu. Interesanti, ka plašo temperatūru intervālu, kāds tagad ir mūsu rīcībā, dažādu zinātņu speciālisti ir kā sadalījuši savās ietekmes sfērās. Tā, piemēram, augstās temperatūras ilgu laiku bija neierobežotā astrofizikū pārziņā. Pateicoties kodolfizikas sasniegumiem (kodolsprādzieni un eksperimenti, kuru nolūks ir realizēt kodoltermiskās reakcijas), pēdējos gadu desmitos augstās temperatūras kļuvušas arī par šīs nozares speciālistu īpašumu. Parastajiem Zemes apstākļiem atbilstošās temperatūras piesaistījušas fi-

zikas, ķīmijas, ģeogrāfijas un citu zinātņu pār-
stāvju uzmanību. Jāatgādina, ka no visa plašā
temperatūru intervāla tikai samērā šaurā (ap-
mēram no -100° līdz $+100^{\circ}$ C) joslā var pa-
stāvēt bioloģiskās sistēmas ar tām raksturīgo
izpaušmi — dzīvības procesiem. Minētās tem-
peratūru vērtības nosprauž dzīvības un nāves
robežas uz temperatūras ass. Noskaidrots, ka
gadījumā, ja zemeslodes gada vidējā tempera-
tūra pazeminātos vai palielinātos par $8-10^{\circ}$,
dzīvības galvenās formas iznīktu. Arī cilvēks
iet bojā, ja ir ļoti augsta vai ļoti zema tem-
peratūra. Aizrobežu zinātnieki veikuši pētīju-
mus, lai noskaidrotu, cik augstā temperatūrā un
cik ilgi cilvēka organisms spēj izturēt sausā
gaisā. Izrādījās, ka $+71^{\circ}$ C cilvēks iztur stundu,
 $+82^{\circ}$ — 49 minūtes, $+93^{\circ}$ — 33 minūtes, bet
 104° C — tikai 26 minūtes. Taču literatūrā la-
sām arī ziņas par to, ka cilvēka organisms
dažkārt iztur vēl daudz augstāku temperatūru.
Franču zinātnieks Tiljē 1764. gadā ziņoja Parī-
zes Zinātņu akadēmijai, ka kāda sieviete 12 mi-
nūtes pavadījusi krāsnī, kur temperatūra sasnie-
gusi $+132^{\circ}$ C. Savukārt 1828. gadā kāds vīrie-
tis 14 minūtes spējis uzturēties $+170^{\circ}$ C tem-
peratūrā. Angļu fiziķi Blagdens un Čentrijs iz-
mēģinājumiem izmantoja maizes — ceptuves
krāsnī, kurā bija $+160^{\circ}$ C temperatūra. Varbūt
tolaik cilvēki bija karstumizturīgāki nekā ta-
gad? Žēl, ka mums nav zināmi somu pirts cie-
nītāju sasniegtie rekordi.

Cilvēka aukstumizturība ir ļoti atkarīga no
cilvēka norūdīšanās. Ir zināmi gadījumi, kad
cilvēki, kuriem ķermeņa temperatūra pazemi-
nāta līdz $+32-+28^{\circ}$ C, vēl spējuši staigāt un
sarunāties. Arī tad, ja ķermenis atdzisis līdz
 $+26^{\circ}$ C, vēl saglabājas apziņa.

Nedzīvāvaj dabā šādi temperatūras diapazona
ierobežojumi tikpat kā nepastāv. Vislabāk tas
vērojams fizikā. Zemo temperatūru fizikā gal-
venā problēma ir šādu temperatūru sasniegšana
un dažādu sistēmu fizikālo īpašību izpēte tajās.
Turklāt te izpaužas īpatnēja atgriezeniskā saite:
zemās temperatūrās vielai piemīt jaunas fizikā-
lās īpašības, kuras, savukārt, var izmantot zemo
temperatūru iegūšanai, un otrādi. Ir noskaidrots,
ka, pavājinoties siltumkustības intensitātei, lielā
notiek visai dīvainas pārvērtības, kuras ietver
gan agregātstāvokļa izmaiņas, gan arī visda-

žādākās pārvērtības viena agregātstāvokļa ietva-
ros. Pēdējā parādība visizteiksmīgāk izpaužas
cietajā agregātstāvoklī, kam var būt dažādas
kristāliskās (alotropiskās) modifikācijas. Cīņa
par aizvien zemāku temperatūru sasniegšanu iz-
rādījās grūta un ilgstoša (sk. krāsu ielikumu).

Kā zināms, tā saukto absolūto jeb Kelvina
temperatūru atskaites sākumpunkts ir absolūtā
nulle. Absolūtās nulles temperatūrā siltumkus-
tībai vajadzētu vai nu vispār izzust, vai katrā
ziņā būt minimālai. Kādas ir vielas fizikālās
īpašības šādā pilnīgi «nobremzētās» siltumkus-
tības gadījumā? Lai atbildētu uz šo jautājumu,
vajadzēja sasniegt absolūto nulli. Liels bija fi-
ziķu pārstiegums, kad no pamatmācības par
siltumkustību — termodinamikas — mūsu gad-
simta sākumā tika secināts, ka absolūtā nulle
nav sasniedzama, tai var tikai asimptotiski tu-
voties! Tagad vairākās zinātniskajās laboratorijās
pasaulē izdevies iegūt temperatūru, kura ti-
kai par dažām simtmiljonajām daļām grāda ir
atšķirīga no absolūtās nulles.

Kādas vielas fizikālo īpašību īpatnības rak-
sturīgas zemo temperatūru apgabalā? Pirmkārt,
agregātstāvokļa izmaiņas secībā gāze—šķid-
rums—cietviela. Parastajos apstākļos, tas ir,
pastāvot atmosfēras spiedienam, visas vielas, iz-
ņemot vienīgi hēliju, absolūtās nulles tuvumā ir
cietā agregātstāvoklī. Otrkārt, zemo tempera-
tūru apgabalā spilgtāk izpaužas mikropasaulei
raksturīgās fizikas, tā sauktās kvantu fizikas,
likumsakarības, kas stājas klasiskajai fizikai rak-
sturīgo likumsakarību vietā. Var teikt, ka zemo
temperatūru fizika neapšaubāmi ir «kvantis-
kāka» nekā parastā, normālo temperatūru fi-
zika. Sevišķi izteiksmīgi tas izpaužas divām tikai
zemo temperatūru fizikai raksturīgajām supra-
parādībām — supraplūstamībai un supravadīt-
spējai. Pirmajā gadījumā šķidrās hēlijs pa tievu
kapilāru plūst bez iekšējās mehāniskās berzes,
otrajā — elektriskā strāva plūst pa vadītāju
bez elektriskās pretestības. Šo abu «supraparā-
dību» atklāšana bija gluži negaidīta, bet to
tālākā izpēte deva ievērojamu impulsu fizikas
attīstībai.

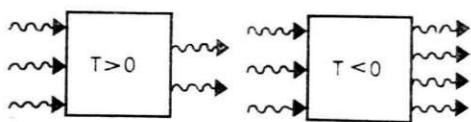
Kā redzējam, virzoties pa temperatūras asi uz
absolūtās nulles pusi, vērojamas daudzas in-
terasantas fizikālas parādības. To mikrosko-
piskā izpratne saistās ar sistēmu veidojošo, tā

saukto struktūrelementu (elementārdaļiņu, kvazidaļiņu, jonu, atomu vai molekulu) dažādiem pārkārtojumiem gan telpā, gan arī kustības veidos. Katrai fizikālajai sistēmai ir savī tai tipiskie struktūrelementu kustības un izvietojuma veidi, kuru konkrēto izpaušmi parastajās temperatūrās vairāk vai mazāk nomaskē siltumkustības izraisītie efekti. Siltumkustības intensitātei mazinoties, tas ir, pārejot uz zemām temperatūrām, fizikālās sistēmas būtiskās īpašības izpaužas skaidrāk. Tas ļauj atklāt struktūrelementu mijiedarbības īpatnības un tāpēc var sniegt vērtīgu informāciju fizikai vispār. Lūk, kāpēc mūsdienās zemo temperatūru fizikai veltī lielu vērību un tā strauji attīstās. Lielu ieguldījumu tās attīstībā devuši arī padomju fiziķi.

Ja virzāmies pa temperatūras asi pieaugošu vērtību virzienā, tas ir, uz labo pusi, tad, izgājuši cauri parasto temperatūru intervālam, nokļūstam augsto temperatūru fizikas rajonā (sk. krāsu ielikumu). Šeit siltumkustības intensitāte ir tik liela, ka gandrīz pilnīgi nomāc sistēmai tipiskos efektus. Šādos apstākļos jebkura viela pāriet jaunā agregātstāvoklī, kuru sauc par plazmu. To dažkārt dēvē arī par vielas ceturto agregātstāvokli (līdztekus gāzei, šķidrumam un cietam ķermenim). Plazma ir daļēji vai pilnīgi jonizēta gāze. Plazmu var iegūt, gāzi stipri sakarsējot vai arī laižot tai cauri elektrisko strāvu. Kaut gan plazma ir kopumā neitrāla, tā būtībā sastāv no pozitīviem joniem, elektroniem un arī neitrāliem atomiem dažādos ierosinātos stāvokļos. Tajā pastāvīgi norisinās jonizācijas un rekombinācijas procesi. Plazmai piemīt daudzas īpatnības, kas to krasi atšķir no parastās gāzes: tā ir diamagnētiska, absorbē ārējos magnētiskos laukus, ekranē elektriskos laukus, tai piemīt augsta elektrovadītspēja, tā laiž cauri gaismas viļņus un atstaro noteiktu frekvenču radioviļņus. Plazmas kustības likumus aplūko magnetohidrodinamika. Šī vielas ceturtais agregātstāvokļa pētījumiem ir ne tikai liela zinātniska nozīme, bet arī perspektīvas tehniskās izmantošanas iespējas, piemēram, enerģētikas problēmu risināšanā vadāmām kodoltermiskajām reakcijām (temperatūra ap 10^8 grādu), tiešā siltumenerģijas pārvēršanā elektromenerģijā. Par plazmu interesējas ķīmiķi — ķīmiskās reakcijas elektriskās izlādēs, kā arī plaz-

mas plūsmu mijiedarbība veido svarīgu plazmas ķīmijas pamatu. Vispār plazma, izrādās, ir diezgan piemērota vide daudzām augsto temperatūru ķīmiskajām reakcijām. Kā redzams, arī augsto temperatūru fizika un ķīmija ietver sevī daudz interesanta un saistoša, tāpēc tās strauji attīstās.

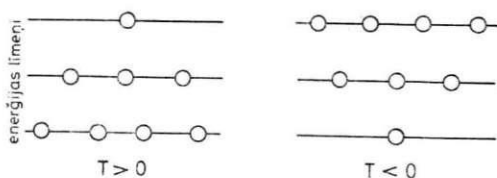
Tagad pievērsīsimies dažiem ar temperatūru saistītiem fundamentāliem jautājumiem. Analizējot siltumkustības pamatmācību — termodinamiku, izrādās, ka no tās likumsakarībām izdodas noteikt tikai temperatūras absolūto vērtību, bet nevar viennozīmīgi raksturot tās algebrisko zīmi. Vai tas nenozīmē, ka līdztekus jau aplūkotojam, pozitīvajām temperatūrām var pastāvēt arī negatīvās temperatūras? Tālāk fizikas attīstība parādīja, ka patiešām iespējamas fizikālas sistēmas, kurām noteiktos stāvokļos piemīt negatīva absolūtā temperatūra. Tas nozīmē, ka temperatūru ass no absolūtās nulles var būt vērsta gan pozitīvo (pa labi), gan arī negatīvo (pa kreisi) vērtību virzienā (sk. krāsu ielikumu). Šis atklājums izrādījās diezgan revolucionārs, jo tad vispār var runāt par parasto pozitīvo un negatīvo temperatūru fiziku. Līdz ar to izveidojās samērā interesanta situācija. Vispirms, kā pāriet no temperatūru ass pozitīvajām vērtībām uz negatīvajām, jo absolūto nulli nevar sasniegt, un tāfad, protams, nevar arī tai iziet cauri. Izrādījās, ka šādu pāreju var realizēt lēcienvēidīgi, ko panāk neatgriezeniskā procesā. Negatīvās temperatūras sistēmai iegūst nevis pakāpeniski, arvien vairāk vājinot siltumkustības intensitāti, tas ir, sistēmu atdzesējot, bet gan, gluži otrādi, piešķirot sistēmai tādu enerģiju, kas pārsniedz tās enerģiju bezgalīgi lielā pozitīvajā temperatūrā. Lielākajai daļai sistēmu to diemžēl nevar realizēt, jo parasti bezgalīgai pozitīvajai temperatūrai atbilst bezgalīga iekšējā enerģija. Šādām sistēmām nav iespējams stāvoklis, kurā tām būtu negatīva temperatūra. Sistēma var iegūt negatīvu temperatūru tikai tad, ja tai iespējams piešķirt lielāku enerģiju, nekā tā spēj «uzsūkt». To var panākt vienīgi tādām sistēmām, kurām enerģija, temperatūrai tiecoties uz bezgalību, asimptotiski tiecas uz kādu konstantu vērtību, nevis uz bezgalību. Tas nozīmē, ka pāreja no pozitīvajām temperatūrām uz negatīvām notiek, nevis ejot



1. att. Signāla pastiprināšanas principi: sistēmu ieeja — pa kreisi, izeja — pa labi.

caur absolūto nulli, sistēmu atdzesējot, bet gan pārlecot no plusa bezgalības (pozitīvās temperatūras) uz mīnusa bezgalību (negatīvās temperatūras; sk. krāsu ielikumu). Tas būtībā nozīmē, ka eksistē arī divas absolūtās nulles: pozitīvajām temperatūrām $+0$ K un negatīvajām -0 K. Turklāt temperatūras $+0$ K un -0 K atbilst katra savam sistēmas fizikālajam stāvoklim. Sistēmai, kuras temperatūra ir $+0$ K, piemīt vismazākā, bet sistēmai, kuras temperatūra ir -0 K, — vislielākā enerģija. Sistēma nevar būt «aukstāka» par $+0$ K, jo tai vairs nevar atņemt enerģiju (to atdzesēt), un nevar būt «karstāka» par -0 K, jo vairāk enerģijas sistēma uzņemt nevar. Taču nevienu no šīm absolūtajām nullēm nevar sasniegt, var tikai tām pakāpeniski asimptotiski tuvojies.

Sistēmām, kurām ir negatīva absolūtā temperatūra, arī piemīt daudz interesantu īpašību. Viena no visspilgtāk izteiktajām ir spēja pastiprināt saņemto signālu. Tā, piemēram, ja sistēma, kurai ir pozitīva temperatūra, saņem kādu signālu (starojumu), tad tas, mijiedarbojoties ar sistēmu, pavājinās (1. att.). Savukārt, sistēmai, kurai ir negatīva absolūtā temperatūra, notiek it kā otrādi: izejošais signāls ir spēcīgāks par ieejošo, tātad tas tiek pastiprināts. Šo parādību novēro kvantu pastiprinātajos (kvantu optiska-



2. att. Struktūrelementu sadalījums dažādos enerģiju līmeņos.

jos ģeneratoros, lāzeros) — iekārtās, kurās notiek gaismas pastiprināšana vai ģenerācija, izmantojot inducēto starojumu. Kvantu pastiprinātāji tiek lietoti dažādās fizikas, ķīmijas un medicīnas nozarēs.

Beidzot šo ceļojumu pa temperatūras asi, piebūrdīsim vēl dažus vārdus par temperatūras sakaru ar vielas struktūrelementu iespējamo izvietojumu atbilstoši enerģijas vērtībām. Kā ziņāms no mikropasaulei raksturīgās kvantu fizikas, struktūrelementi var atrasties dažādos enerģijas līmeņos. Pieņemsim, ka augstākiem enerģijas līmeņiem piemīt arī lielāka enerģija. Tad pastāv samērā vienkārša sakarība (2. att.): ja sistēmai ir pozitīva absolūtā temperatūra, tad augstākajos līmeņos ir mazāk struktūrelementu nekā zemākajos; ja sistēmai ir negatīva absolūtā temperatūra, tad novērojama pretēja aina. Visbeidzot, ja struktūrelementu skaits visos līmeņos vienāds, tad tai ir bezgalīga temperatūra. Salīdzinājumam iedomāsimies, piemēram, grāmatškapi: ja zemākajos plauktos (enerģijas līmeņi) ir vairāk grāmatu (struktūrelementi), tad, no fizikas viedokļa, grāmatškapis ir sistēma, kurai ir pozitīva absolūtā temperatūra. Ja grāmatu izkārtojums plauktos ir pretējs, tad tā ir sistēma ar negatīvu absolūto temperatūru. Visbeidzot, ja visi plaukti ir vienādi pilni, — skapim ir bezgalīga absolūtā temperatūra.

Jāuzsver, ka negatīvā absolūtā temperatūra ir statistiskās fizikas jēdziens. Klasiskās fenomenoloģiskās termodinamikas ietvaros videi nevar būt negatīva absolūtā temperatūra, tāpēc ka daļiņām nevar būt negatīva kinētiskā enerģija: izteiksmē $mv^2/2$ lielums v^2 nevar būt negatīvs. Tāpēc arī raksta nobeiguma daļā runājam par sistēmu, nevis par vidi, un par struktūrelementu statistiskajiem sadalījumiem, nevis par vides daļiņu ātrumu, kurš tiecas uz nulli, ja $T \rightarrow +0$ K.

Līdzīgi te minētajiem piemēriem var aplūkot visu fiziku tās dažādajos aspektos, jo nav tādas fizikālas sistēmas, kurai tajā vai citā mērā nepiemistu siltumkustība un tātad arī tās kvantitatīvais rādītājs — temperatūra. Protams, tas nenozīmē, ka fiziku nevar analizēt arī no citiem aspektiem, piemēram, telpas un laika struktūras. Bet tas jau ir cits stāsts.



Saules aktivitātes divgadu cikli

Nu jau labi zināms, ka Saule nebūt nav nemainīgs spīdeklis, kā šķiet, vērojot tās mierīgo starojumu redzamajā gaismā. Speciāli Saules novērojumi citos tās starojuma spektra diapazonos atklāj procesus, kas ar pilnām tiesībām ļauj Sauli ierindot maiņzvaigžņu kategorijā.

Visvairāk pētīts un līdz ar to visplašāk pazīstams ir Saules plankumu veidošanās aktivitātes vienpadsmitgadu cikls, kura ietekmi jeb atbalsi atklājam arī daudzās ģeofizikālās parādībās. Lasītājiem mazāk pazīstamas ir citas cikliskas Saules aktivitātes izpausmes — gan ar ilgāku, gan īsāku periodu. Šajā nelielajā informācijā aplūkosim tieši īsāka perioda Saules aktivitātes parādības, kas pēdējā laikā tiek pastiprināti pētītas, un īpaši pievērsīsimies zaļās koronālās līnijas* intensitātes kvazidivgadīgajām svārstībām.

Ierosmi šādiem pētījumiem deva R. Rīda un D. Rodžersa 60. gadu sākumā atklātās Zemes ekvatoriālās joslas zonālā vēja vidēnotā ātruma oscilācijas stratosfērā ar 26 mēnešu (2,17 gadu) garu periodu. Sevišķi labi tas redzams ap 21,35 km augstumā konstatējamām zonālā vēja ātruma oscilācijām (1. att.).

So atklājumu 1979. gadā papildināja un apstiprināja līdzīgi A. Belmonta un K. Nestrema pētījumi par vēl augstākiem Zemes atmosfēras slāņiem, tā saukto zemāko termosfēru (95 km). Nedaudz agrāk — 1976. ga-

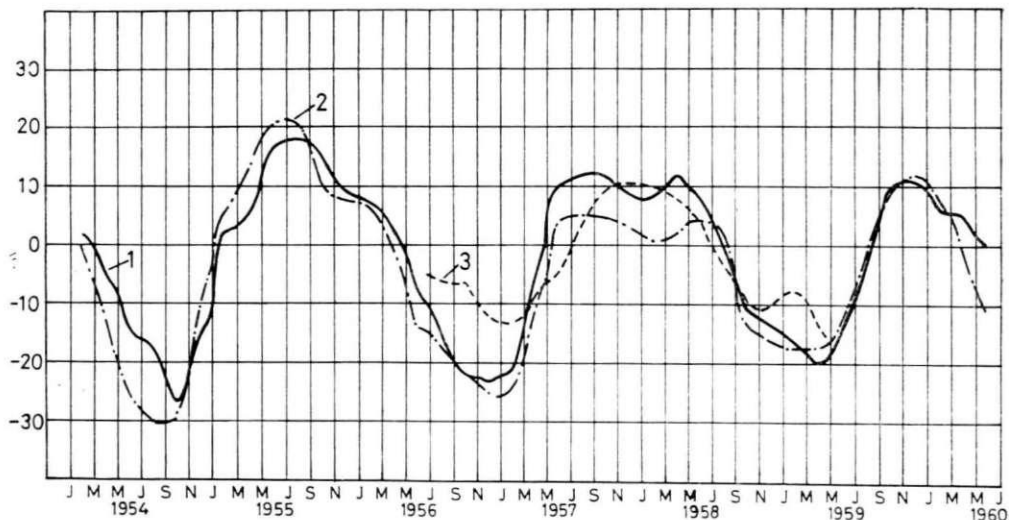
* Zaļā koronālā līnija ir daudzkārt jonizētas dzelzs (Fe XIV) līnija Saules vainaga starojuma spektrā, kuras viļņa garums ir 530,3 nm (5303 Å).

dā — M. Sugiura atklāja kvazidivgadīgas Zemes magnētiskā lauka horizontālās komponentes oscilācijas.

Šo pētījumu rezultāti liecināja, ka pastāv kāds kopīgs cēlonis, kas izraisa tik atšķirīgu parādību kā ekvatoriālās joslas zonālā vēja un Zemes magnētiskā lauka horizontālās komponentes oscilācijas ar vienu un to pašu periodu. «Aizdomās», protams, tika turēta Saule — galvenais ģeofizikālo parādību diriģents, un turpmākie mērķtiecīgie dažādo Saules starojuma parametru izmaiņu pētījumi šo viedokli pilnībā apstiprināja.

Jau 1962. gadā R. Šapiro un F. Vords, analizējot Saules plankumu skaita izmaiņas, atklāja, ka to periods ir apmēram divi gadi. Līdzīgu periodu (25,3 mēneši) Saules neitrino plūsmas izmaiņas konstatēja K. Sakurai 1979. gadā, izmantodams datus, ko laikposmam no 1970. gada līdz 1976. gadam bija ieguvuši R. Deiviss un Dž. Evanss (2. att.), bet Saules 10 cm viļņa radiostarojumā — V. Hjūss un M. Kestevens 1981. gadā, pamatojamies uz Otavas (Kanāda) observatorijas iegūtajiem datiem par laika periodu no 1947. gada līdz 1978. gadam. Sevišķi interesants ir K. Sukurai atklātais Saules neitrino plūsmas izmaiņu periodiskums, kas it kā liecina par cikliskām Saules kodoltermisko procesu intensitātes variācijām.

1985. gadā E. Apostolovs, analizējams Saules plankumu relatīvā skaita variācijas vairāk nekā 230 gadu ilgam laikposmam (1749.—1981. g.), atklāja tām ap 25,6 mēnešu (2,13 gadu) ilgu periodu, kas apstiprināja R. Šapiro un F. Vorda iegūto rezultātu. Analīze rādīja, ka minētajām oscilācijām piemīt spīgti izteikta modulācija ar Saules aktivitātes vienpadsmitgadu ciklu, proti: a) kvazi-



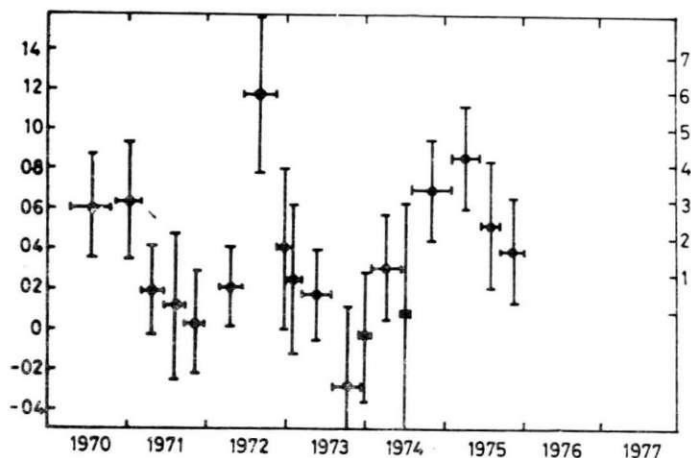
1. att. Ekvatoriālās joslas zonālā vēja ātruma oscilācijas 21,35 km augstumā: 1 — Kantonas salā ($2^{\circ}46'S$); 2 — Singapūrā ($1^{\circ}20'N$); 3 — Nairobi (Kenija, $1^{\circ}18'S$). Uz ordinātu ass atlikta vēja mēneša vidējā ātruma vērtības (metri sekundē). Pozitīvās vērtības atbilst rietumu, negatīvās — austrumu virziena vējam. Uz abscisu ass atzīmēts laiks — gadi un mēneši (janvāris, marts, maijs, jūnijs, septembris, novembris).

divgadīgās oscilācijas ierosinās Saules vienpadsmitgadu aktivitātes cikla sākumā un beidzas šā cikla beigās, b) gandrīz sinhroni ar ciklu mainās arī oscilāciju amplitūda, resp., Saules aktivitātei pieaugot, oscilāciju amplitūda pieaug, un otrādi; c) katrā Saules aktivitātes vienpadsmitgadu ciklā ietilpst pieci

kvazidivgadīgie oscilāciju periodi, turklāt oscilāciju periods cikla laikā nepārtraukti lēnām palielinās, tas ir, tam piemīt ilgtermiņa (20—33 mēnešu) variācijas.

Visi šie pētījumi vedināja domāt, ka kvazidivgadīgās oscilācijas atspoguļo kādu fundamentālu norisi, kas aptver visus Saules

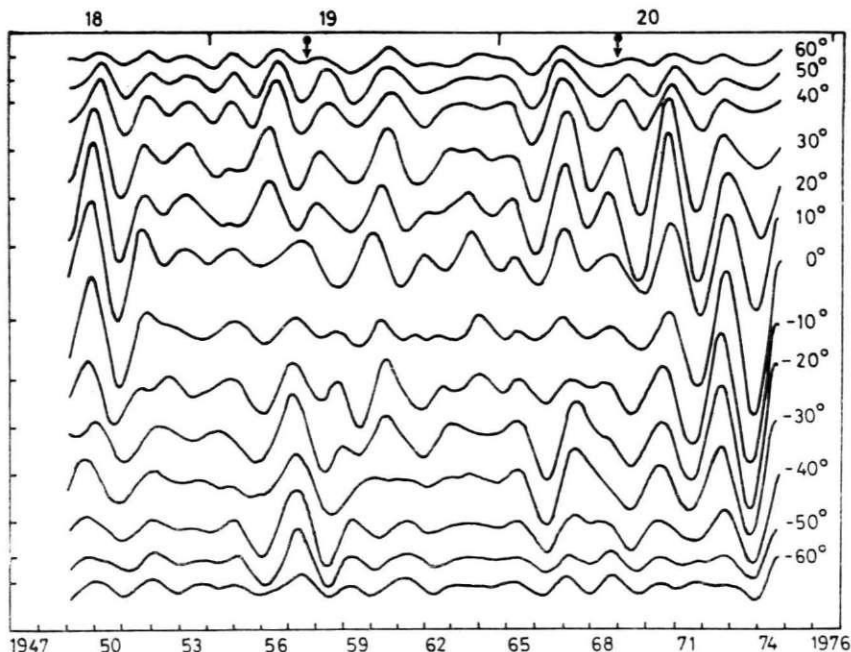
2. att. Saules neitrīno plūsmas variācijas periodā no 1970. gada līdz 1976. gadam. Uz ordinātu ass pa kreisi atlikts argona ^{37}Ar atomu produkcēšanās ātrums (atomi dienā), pa labi — Saules neitrīno plūsmas speciālās vienības (SNU); uz abscisu ass — gadi.



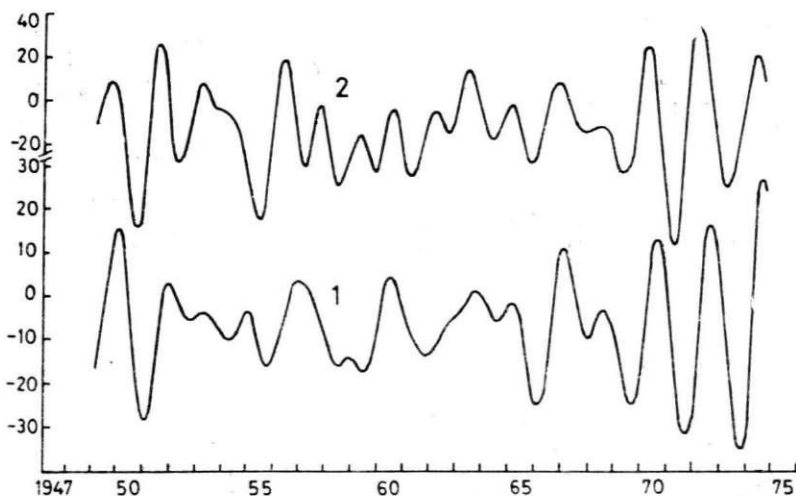
struktūrliemeņus, sākot ar kodolu un fotosfēru, kur šādas oscilācijas tātad jau bija atklātas (attiecīgi neitrino plūsmas un Saules plankumu skaita un Saules 10 cm viļņa radiostarojuma intensitātes kvazidivgadīgās variācijas), un beidzot ar koronu, kur tās vēl bija jāatrod. Pirmos norādījumus par Saules koronas aktivitātes divgadu ciklu pastāvēšanu ieguva J. Sikora 1980. gadā, atklādams, ka zaļās koronālās līnijas intensitātei Saules aktivitātes cikla laikā ir vairāki pieauguma impulsi, kas atdalīti viens no otra ar apmēram divus gadus garu intervālu. 1985. gadā līdzīgu pētījumu, bet uz daudz bagātāka materiāla bāzes, veica E. Apostolovs. Viņš ar speciālu matemātisku procedūru apstrādāja zaļās koronālās līnijas dienas intensitātes vērtības, iegūstot šīs intensitātes mēneša

vidējās vērtības 18., 19. un 20. Saules aktivitātes ciklam (1947.—1976. g.) plašā heliogrāfisko platumu intervālā ($-60^{\circ} \div +60^{\circ}$). Iegūtie rezultāti grafiskā veidā parādīti 3. attēlā. Tajā redzams, ka arī zaļās koronālās līnijas intensitātes variācijām neapšaubāmi ir izteikts kvazidivgadīgais periods, kas turklāt izsekojams visās aplūkoto heliogrāfisko platumu zonās. Par $\pm 40^{\circ}$ lielākos platumos oscilāciju amplitūda samazinās, platumam pieaugot. Samērā nelielas ir arī oscilāciju amplitūdas uz Saules ekvatora (heliogrāfiskais platumums 0°). Lielākā amplitūda abās Saules puslodēs vērojama starp 10. un 30. platumu grādu.

Analizējot zaļās koronālās līnijas variācijas, atklājās vēl kāds fakts — šīs intensitātes variācijas noris gandrīz sinhroni ar Saules



3. att. Zaļās koronālās līnijas intensitātes mēneša vidējās vērtības variācijas 18., 19. un 20. Saules aktivitātes cikla laikā (1947.—1976. gads). Uz ordinātu ass atliktas zaļās koronālās līnijas intensitātes vērtības nosacītās vienībās, uz abscisu ass — gadi. Attēla augšmalā dots Saules aktivitātes cikla numurs un parādīts cikla minimums (I) un maksimums (II). Labajā pusē atzīmēts heliogrāfiskais platumums, uz kuru līkne attiecas.



4. att. Zaļās koronālās līnijas intensitātes (1) oscilācijas (vidējotas pa visu heliogrāfisko platumu — $\pm 60^\circ$ — intervālu) un atbilstošās Saules plankumu skaita variācijas (2).

plankumu skaita variācijām (sk. 4. att.). Bez tam 4. attēla līniju detalizētāka analīze rāda, ka abām līnijām ir neliela fāzu nobīde, proti, koronālās oscilācijas atpaliek, t. i., seko Saules plankumu variācijām ar apmēram trīs mēnešu nobīdi. Tas, kā izrādās, ļauj izdarīt interesantu secinājumu. Ja pieņem, ka saistība starp Saules plankumu veidošanās aktivitāti un zaļās koronālās līnijas intensitātes variācijām ir cēloniski nosacīta, nevis nejauša, tad, zinot, ka zaļās koronālās līnijas starojums veidojas Saules atmosfērā apmēram 43 500 km virs fotosfēras, kur, savukārt, veidojas Saules plankumi, nav grūti aprēķināt zaļās koronālās līnijas starojuma variāciju izraisošās perturbācijas izplatīšanās ātrumu Saules atmosfērā; tas ir aptuveni 5 m/s (43 500 km/3 mēneši).

Līdzīgi kā Saules plankumiem arī zaļās koronālās līnijas intensitātes oscilāciju periodi Saules aktivitātes cikla laikā mainās intervālā starp 22 un 27 mēnešiem.

Viss šeit teiktais liecina, ka kvazidivgadīgais periods ir viens no fundamentālajiem periodiem plašajā dažādo Saules fizikālo parametru, procesu un parādību mainīguma dis-

krēto vērtību spektrā, kas ietver ciklus, kuru periodi mērāmi gan simtos un desmitos gadu, gan stundās un pat dažās minūtēs. To izpēte ir ļoti svarīga ne tikai Saules dažādo strukturveidojumu un parādību ģenerēšanās un norises fizikālās ainas izpratnei, bet arī Saules-Zemes sakaru daudzveidīgo likumību noskaidrošanai, kam, savukārt, ir milzīga nozīme tā ļoti sarežģītā mehānisma efektīvas funkcionēšanas un attīstības nodrošināšanā, kuru sauc par mūsdienu civilizāciju un kura, kā liecina pētījumi, līdz ar nemitīgi pieaugošo komplikētību kļūst arvien jutīgāka pret dažādām ārējām iedarbēm.

A. B a l k l a v s

Kvantēšanās parādības Saules sistēmā

Kā rāda pētījumi, ir gadījumi, kad saliktu sistēmu fizikālajiem parametriem var būt tikai noteiktas vērtības. Sevīši spilgti šī parādība izpaužas mikropasaulē, kur, piemēram, molekulu un atomu emisijas un ab-

sorbcijas spektriem piemīt diskrēts raksturs, t. i., tie sastāv no atsevišķām spektrālajām līnijām, kas norāda uz to, ka šo objektu veidojošo daļiņu savstarpējās enerģijas var pieņemt nevis jebkuras, bet gan tikai stingri noteiktas vērtības. Fizikālus objektus vai sistēmas, kuru parametriem piemīt šādas īpašības, sauc par kvantu sistēmām. To uzbūve, kā arī tajos norisošie procesi ir pakļauti specifiskām likumsakarībām, kuras, piemēram, atomspasaules objektiem apraksta un skaidro kvantu mehānika.

Tas, ka mikropasaules objekti ir kvantu sistēmas un ka makropasaules objektiem kvantu efekti neparādās, ir jau sen zināms un «aprasts» fakts. Tādēļ pamatotu interesi izraisa padomju zinātnieka A. Čečeļņicka nesen publicētie pētījumu rezultāti¹, kuri liecina, ka pastāv zināmi kvantēti stāvokļi tādā lieluma makroskopiskā objektā kā Saules sistēma. Kvantēšanās efektus viņš saskatījis planētu orbītu lielo pusasu samēros, šo orbītu perimetru izmēros un citos parametros. Aplūkosim šos secinājumus nedaudz detalizētāk.

Saules sistēmas planētu orbītu lielās pusasis a_i , izteiktas astronomiskajās vienībās², veido šādu virkni: $a_1=0,3871$ (Merkuram), $0,7233$ (Venērai), $1,0$ (Zemei), $1,5237$ (Marsam), $5,2027$ (Jupiteram), $9,5227$ (Saturnam), $19,1637$ (Urānam), $30,0689$ (Neptūnam) un $39,3736$ (Plutonam), kur $i=1,2, \dots, 9$. A. Čečeļņickis, šo virkni normējot jeb dalot ar īpaši izvēlētu lielumu $a_0=0,037219300$ a. v. $=8R_{\odot}$, ko viņš nosauc par transsfēras rādiusu³, dabū attiecīgi $\bar{a}_i=10,4005, 19,4344, 26,8680, 40,9398, 139,7838, 255,8535, 514,8866, 807,8857, 1057,8824$. Ja aprēķina starpību starp blakusesošajām lielo pusasu normētajām

vērtībām (t. i., $\bar{a}_{i+1} - \bar{a}_i = \bar{a}_{i+1, i}$), tad iegūst $\bar{a}_{i+1, i} = 9,0339, 7,4336, 14,0718, 98,8440, 116,0697, 259,0331, 292,9991, 249,9967$. Pēc A. Čečeļņicka domām, uzmanību saista tas, ka visi $\bar{a}_{i+1, i}$ izņemot to, kas attiecas uz Zemi un Venēru, t. i., $\bar{a}_{3, 2}$ ir praktiski veseli skaitļi, proti, $\bar{a}_{i+1, i} = 9, (7,4), 14, 99, 116, 259, 293$ un 250 . Bez tam normēto pusasu skaitliskās vērtības ir tuvas skaitlim 2^n , piemēram, \bar{a}_6 (Saturnam) $= 255,8535 \approx 256 = 2^8$, \bar{a}_7 (Urānam) $= 514,8866 \approx 512 = 2^9$ utt. To, kā izrādās, var izteikt arī šādi (izņemot Neptūnam):

$$\bar{a}_i = \bar{a}_{00} + 2^n \begin{cases} \bar{a}_{00} = \bar{a}_1 = 10,4 \text{ (Merkuram)}, \\ n = 3, 4, 5, 6, 7, \\ \bar{a}_{00} = 0, \\ n = 8, 9, 10, \end{cases}$$

kur $n=6$ attiecas uz asteroidu joslu, kas atrodas starp Marsu un Jupiteru.

Tātad, «veiksmīgi» izraugoties tikai vienu konstanti, proti, a_0 , var iegūt pietiekami precīzu un no teorētiskiem pieņēmumiem un prātījumiem brīvu pierādījumu tam, ka daži būtiski Saules sistēmas dinamiskie parametri ir kvantēti, t. i., tie reāli pieņem tikai noteiktas un ar veseliem skaitļiem izsakāmas vērtības. Līdzīga parādība, kā konstatē A. Čečeļņickis, pastāv arī planētu orbītu perimetriem un līdz ar to šo orbītu sektoriālajiem ātrumiem jeb cirkulācijai⁴, kas tāpat, ja ir izvēlētas noteiktas viena parametra vērtības, kuras saistītas ar jau minēto izmēru $a_0 = 8R_{\odot}$ — tā saukto transsfēras rādiusu, uzrāda veselu skaitļu vērtības.

Šādu veselu skaitļu jeb diskrētu vērtību parādīšanās parametru iespējamo, resp., it kā ne ar kādiem noteikumiem neierobežoto, vērtību spektrā liecina par Saules sistēmas struktūras kvantēšanos, kas, pēc A. Čečeļņicka

¹ Sk.: Astronomičeskij cirkular, 1983, № 1257, 5.—7. lpp.; 1983, № 1260, 1., 2. lpp.; 1984, № 1334, 3.—8. lpp.; 1984, № 1336, 2.—6. lpp.

² Astronomiskā vienība (a. v.) ir Zemes vidējais attālums līdz Saulei, precīzāk — Zemes orbītas lielās pusass garums; 1 a. v. $= 1,4959787 \cdot 10^8$ km.

³ Transsfēra — īpaša fizikāli un enerģētiski izdalīta sfēra Saules sistēmā, uz kuras orbītālās jeb tā sauktās Keplera kustības ātrums ir vienads ar megavilņu izplatīšanās ātrumu.

⁴ Cirkulācija ir kinemātisks materiālas vides (šķidrums vai gāzes) kustības parametrs, kas raksturo plūsmas virpuļainību. Vienkāršākā gadījumā, resp., riņķveida kustības jeb tā sauktā taisnlīniju virpuļa gadījumā, cirkulācija izsakāma ar ātruma tangenciālās komponentes un apleces garuma reizinājumu. Sarežģītākos gadījumos cirkulāciju aprēķina ar līklīnijas integrāļa palīdzību.

nicka uzskatiem, norāda, ka pastāv slēpti sakari vai likumsakarības starp Saules sistēmas dinamiskajiem parametriem un iespējamo megaviļņu⁵ struktūru, kura šajā sistēmā var izveidoties. Izdarot attiecīgus aprēķinus un salīdzinot tos ar novērojumu datiem, atklājās, ka planētu orbītu rajonos šādi megaviļņi veido stacionāru stāvviļņu sistēmu. Tas ļauj izvirzīt domu, ka stabilas ir tikai tās planētu orbītas, kuru perimetri ir izsakāmi ar veselu megaviļņu vai pusmegaviļņu garuma skaitu, vai arī ka planētas veidojas tikai šādu stabilu orbītu vietās. Mikropasaulē, proti, atomu izmēru pasaule, aplūkojot planetāro atomu modeli, vērojama līdzīga situācija, ko formulē pazīstamais postulāts par de Broji viļņu skaita izvietojanos uz stacionārajām elektronu orbītām. Visai iespējams, ka šī interesantā sakritība liecina par dziļu analogiju starp mikropasaules un megapasaules parādībām un, ja turpmākie pētījumi apstiprinās šādas situācijas patiešām fundamentālo raksturu, pavērsies pilnīgi jaunas iespējas planētu sistēmu veidošanās un struktūras likumsakarību izziņāšanā.

A. B a l k l a v s

Oglekļa zvaigznes Andromedas galaktikā

Jauni teleskopi, moderna aparatūra un racionālas novērošanas metodes radījušas iespēju meklēt un atrast oglekļa un M spektra klases zvaigznes, tas ir, sarkanos milžus, arī mums tuvākajās kaimiņgalaktikās. Par dažiem atklājumiem jau bija pastāstīts mūsu izdevuma 1985. gada pavasara numurā (12.—17. lpp.). Nesen H. Rīcers (Kanāda) un D. Krabtrī (Havaju salas) «Astrophysical Journal» rakstā ziņoja, ka sarkanie milži atklāti un klasificēti arī mums tuvākajā spirāl-galaktikā M 31, kas pazīstama vēl kā Andromedas miglājs.

⁵ Megaviļņi — liela izmēra un perioda viļņi, kas var eksistēt un izplatīties starplanētu plazmā (magnētiskie skaņu viļņi, magneto-hidrodinamiskie viļņi u. c.).

Minētie pētnieki lietojuši jaunu metodi: četkrāsu fotometriju ar ladiņsaites ierīces panorāmu gaismas uztvērēju. Platjoslas krāsas indekss V-I, starpība starp vizuālo zvaigzņlielumu un tuvējās infrasarkanās spektra daļas zvaigzņlielumu, ļauj atlasīt sarkanās zvaigznes; $V-I > 2,0$. Lai no pēdējām izdalītu oglekļa zvaigznes, $0,78 \mu\text{m}$ un $0,81 \mu\text{m}$ viļņu garumos 100 \AA platās joslās izmērīti t. s. šaurjoslas zvaigzņlielumi. Krāsas indekss $0,81-0,78$ ir lielāks par $0,4$ oglekļa zvaigzņēm, bet mazāks par $-0,3$ vēlo spektra apakšklašu M zvaigzņēm, jo $0,8 \mu\text{m}$ filtrs ietver ciāna (CN) absorbcijas joslu, kas ir spēcīga oglekļa zvaigzņēm, bet $0,78 \mu\text{m}$ filtrs — titāna oksīda (TiO) joslu, kas raksturīga M zvaigzņēm.

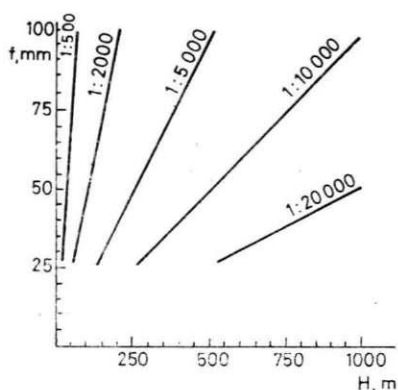
Ar šādu metodi Andromedas galaktikā pašreiz izpētīts niecīgs — $110 \times 70''$ — debess laukumiņš, kas atbilst $400 \times 250 \text{ pc}$ laukam 11 kpc attālumā no šīs galaktikas centra. Tur izdevies atrast piecas oglekļa un 41 vēlo M zvaigznes. C un M zvaigzņu skaita attiecība ir apmēram tāda kā mūsu Galaktikā Saules apkārtnē. Tas norāda arī uz līdzīgu metālu saturu abās galaktikās.

Rīcers un Krabtrī pēc piecām pagaidām zināmajām C zvaigzņēm Andromedas galaktikā novērtējuši arī to absolūto infrasarkanā zvaigzņlielumu $I = -4,60 \pm 0,54$, kas precizitātes robežās saskan ar citās Lokālās grupas galaktikās atrasto šā lieluma vērtību. Līdz ar to atklājies, ka visās līdz šim izpētītajās zvaigzņu sistēmās vēlo spektra apakšklašu oglekļa zvaigzņēm ir vienāds absolūtais zvaigzņlielums. Šo oglekļa zvaigzņu īpašību var izmantot, lai noteiktu attālumu līdz citām tuvējām galaktikām, kurās ir oglekļa zvaigznes.

A. A l k s n i s

Arheoloģijas pieminekļu kartēšana

Bērnībā iepazītās teiksmas un nostāsti par dažādām vēsturiskām vietām — pilskalniem, elku vietām, senkapiem u. c. — mums radījušas romantisku nojausmu par tālo senatni.



1. att. Mēroga izvēle aerofotouzņēmēšanā atkarībā no aerofotokameras fokusa attāluma (f) un fotografēšanas augstuma (H).

Taču jāatceras, ka šīs vietas ir svarīgi pagātnes materiālās un garīgās kultūras liecinieki. Tās izpētot, arheologi uzzina par dotā novada sociālajiem un ekonomiskajiem apstākļiem, noskaidro, kā tie veidojušies, kādi bijuši sakari ar citām tautām un kādas bijušas vietējās īpatnības. Tāpēc pret vēstures pieminekļiem jāizturas ar īpašu cieņu un uzmanību, tiem nepieciešama atbilstoša aprūpe un aizsardzība.

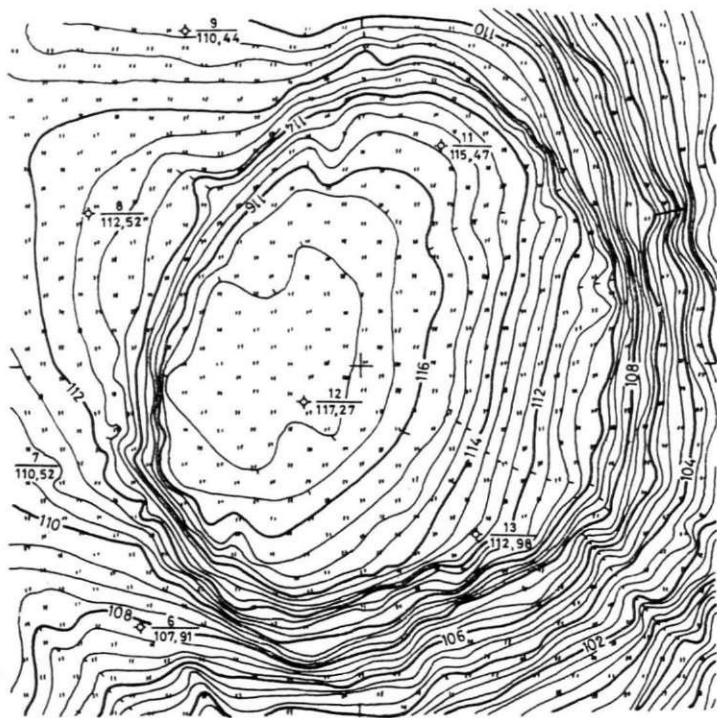
Lietuvā līdz šim uzskaitīti 687 pilskalni, to vidū 638 — republikas nozīmes un 49 — vietējas nozīmes aizsargājami pieminekļi. Daudzi no tiem pievilina tūristus, turklāt brīvā dabā esošie objekti cieš no cilvēku neapzinīgas rīcības. Gan saimnieciskā darbība, gan dabiskie erozijas procesi izmaina vēsturisko vietu sākotnējo veidu. Apmēram trešdaļai no kultūras pieminekļu sarakstā iekļautajiem senču pilskalniem tagad nepieciešama cilvēku palīdzība, lai tos saglabātu nākamajām paaudzēm. Dažāda rakstura konservācijas darbi veikti 22 arheoloģijas pieminekļiem.

Aktīva vēsturisko vietu aizsardzība nav domājama bez atbilstošas objektu inženierizpētes, bez kartogrāfisko materiālu izgatavošanas. Šajā jomā Lietuvā jau izveidojusies noteikta, praksē labi pārbaudīta pieredze, jo sevišķi arheoloģijas pieminekļu kartēšanā.

Lai veiktu arheoloģijas pieminekļu kartēšanu, nepieciešama, pirmkārt, teritorijas topogrāfiskā uzmērīšana, otrkārt, pieminekļa un aizsargājamās zonas detalizēta uzmērīšana un, treškārt, nogāžu dinamisko procesu inženierizpēte un to cēlonības noskaidrošana.

Teritorijas uzmērīšanu parasti veic lielā mērogā — 1:500 un 1:1000, ar reljefa griezumumu ik pa 0,5 metriem. Darba metodes izvēle ir atkarīga galvenokārt no teritorijas lieluma un rakstura (reljefa, veģetācijas). Samērā lielai (>25 ha) un atklātai teritorijai visefektīvāk ir lietot aerofotouzņēmēšanu, kas dod augstāku darba ražīgumu salīdzinājumā ar klasiskajiem topogrāfiskās uzmērīšanas paņēmieniem. Mēroga izvēle aerofotouzņēmēšanā atkarīga no aerofotokameras fokusa attāluma un fotografēšanas augstuma (1. att.). Lai iegūtu fotoplānu mērogā 1:500, ievērojot plāna grafisko precizitāti $\pm 0,4$ mm, aeroainas mērogs nedrīkst būt mazāks par 1:2500—1:5000. Ņemot vērā maksimālo aeroainas optiskās palielināšanas robežu, šādu mērogu var nodrošināt, ja fotografē objektu no apmēram 250 m augstuma. Šim nolūkam jāorganizē speciāls lidojums. Tāpēc praksē joprojām parasti tiek lietotas ģeodēzijas klasiskās uzmērīšanas metodes (sk. 2. att.). Tās arī ir visērtākās nelielu objektu, piemēram, pilskalnu, uzmērīšanai. Lai sastādītu liela mēroga plānu pilskalniem, kuriem ir slīpas, ar kokiem apaugušas nogāzes, joprojām visērtāk ir lietot grafiskās tahimetrijas metodi, uzmērot situāciju un reljefu ar menzulu un kīprēģeli.

Nelielu arheoloģijas objektu fotografēšanai Viļņas Valsts universitātes inženierfotogrammetrijas laboratorijā izgatavota fotogrammetriskā iekārta, kuru fotografēšanas laikā paceļ virs objekta ar diviem meteoroloģiskajiem baloniem. Iekārta izveidota no amatieru fotoaparāta, platformāta kameras «Salūts». To var pacelt līdz 100 m augstu, ietverot 30 m augstumā uz negatīva 30×30 m lielu teritoriju. Ekspozīciju nodrošina elektromehāniskā ceļā. Fotogrammetrisko iekārto pret objektu orientē no zemes ar trosēm. Praksē izrādījies, ka šo ierīci ērti lietot bezvēja laikā. Aina fotogrammetriskajai apstrādei piemērojamas kā analītiskās, tā analogās apstrādes metodes. Šāds



2. att. Sokišķu pilskalna plāna fragments, kas iegūts topogrāfiskās uzmērīšanas rezultātā (oriģinālais mērogs 1 : 500).

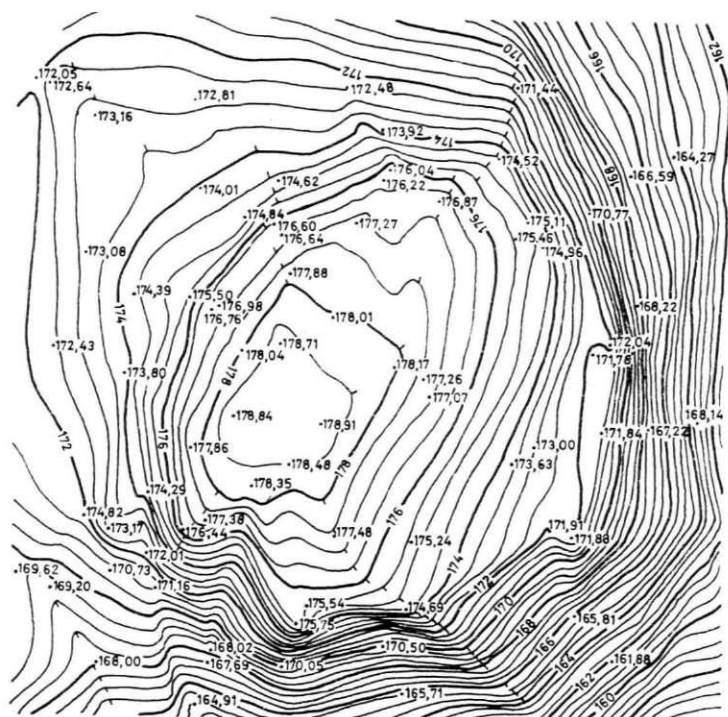
fotografēšanas paņēmieni — paceļot kameru ar balonu — ievērojami paātrina pieminekļa un aizsargājamās zonas detalizētu uzmērīšanu, jo iegūtais attēls bieži vien jau ir plāna aina. Turklāt gan krāsu, gan melnbaltais fotoattēls nodrošina daudz pilnīgāku semantisko un ģeometrisku informāciju par objektu, nekā spēj dot ģeodēziskais uzmērījums (sk. 3. att.).

Arheoloģisko izrakumu gaitā atsegto slāņu ģeometrizācijai visefektīvāk ir lietot stereofotogrammetrisku uzmērīšanu, ar speciālām fotogrammetriskajām kamerām — fototeodolītu, stereofotokameru, universālo metrisku kameru — fotografējot no statīva. Stereofotogrammetriskās uzmērīšanas rezultātā uzmērāmais objekts tiek dokumentēts telpiski, tādēļ stereoainas vispilnīgāk nodrošina ģeometrisku informāciju par objektu, tā veidu un stāvokli dotajā momentā.* Stereoainas jau pašas ir metrisks dokuments par objektu. Tās stereofotogrammetriski apstrādājot ar stereoierīcēm,

jebkurā laikā var iegūt kartogrāfiskos materiālus — horizontālo plānu, frontālo plānu, griezumus, profilus. Speciālās stereofotogrammetriskās uzmērīšanas metodes pielāgojamas arī arheoloģijas pieminekļu erozijas un dinamisko iedarbes procesu pētīšanai, periodiski pēc zināma laika atkārtojot objekta stereofotogrammetrisku uzmērīšanu.

Ne vienmēr arheoloģiskos izrakumus ir iespējams dokumentēt ar speciālo fotogrammetrisku vai stereofotogrammetrisku aparāturu. Arheoloģi parasti izrakumu laukumus fotografē ar šaurfilmas vai platfilmas amatieru kamerām. Iegūtie fotoattēli ir vairāk vai mazāk ģeometriski sagrozīti un fotogrammetriskajai apstrādei parasti nav izmantojami.

* Sk.: Apala Z., Klētnieks J. Fotogrammetrija arheoloģijā. — Zvaigžņotā Debess, 1931. gada rudens, 38.—47. lpp.



3. att. Sokišku pilskalna fotogrammetriskās uzmērīšanas plāna fragments.

Taču pavisam vienkārši, nedaudz pārveidojot fotografēšanas metodi, ar parasto amatieru fotokameru var iegūt pietiekami precīzus fotogrammetriskajai vai stereofotogrammetriskajai apstrādei derīgus attēlus (sk. krāsu ielikumu). Dabā izvieta kontrollinijas, kuru galapunktus fiksē ar viegli saskatāmām zīmēm. Kā kontrollinijas izmantojamas arī arheoloģisko izrakumu tīkla linijas. Fotografējot kameru ceņš orientēt tā, lai optiskā ass atrastos horizontāli un negatīva plakne — vertikāli. Kameras atstatumu no objekta izvēlas ar aprēķinu, lai tiktu nodrošināts negatīva attēla mērogs no 1:70 līdz 1:200. Ja fotografē no vairākiem skata punktiem, lai veidotos attēlu pārklājums. No šādiem attēliem var iegūt kartogrāfiskos materiālus, ja attēlus stereofotogrammetriski apstrādā ar universālajām stereokartējamām ierīcēm, piemēram, stereoprojektoru SPR-3m.

Lietuvas speciālistu pieredze rāda, ka arheoloģijas pieminekļu kartografēšanā blakus kla-

siskajām ģeodēzijas metodēm ar panākumiem lietojamas progresīvās fotogrammetrijas metodes.

A. Pilipaitis,
V. Vainausks

Saules uzliesmojumu priekšvēstneši

Saules uzliesmojumu daudzveidīgās sekas uz Zemes un uzliesmojumu izraisītais radiācijas pieaugums kosmiskajās trasēs liek pētniekiem vēltīt lielas pūles šo uzliesmojumu priekšvēstnešu meklēšanai. Pirms Starptautiskā ģeofizikas gada (1957—1959) domāja, ka šie uzliesmojumi rodas sporādiski un to prognozēšana ir stipri apšaubāma. Tomēr minētajā zinātniskajā pasākumā iegūtie novērojumu dati liecināja, ka, pilnveidojoties astronomisko novērojumu tehnikai un novērojumu

metodēm, iespējams atklāt tos procesus Saules aktivitātes centros, kuri nosaka uzliesmojumu ģenerāciju. Izpratni par uzliesmojumu rašanos lielā mērā veicināja arī uzliesmojumu teorijas straujā attīstība. Tāpēc pašreiz vairākas valstis darbojas jau speciāli uzliesmojumu prognozes dienestī. Līdztekus tam visā pasaulē tiek meklēti arvien jauni uzliesmojumu priekšvēstneši.

PSRS ZA Zemes magnētisma, jonosfēras un radioviļņu izplatīšanās institūtā, izmantojot 1972.—1983. g. kosmisko novērojumu datus, konstatēts, ka tais gadījumos, kad uz Saules notiek liels uzliesmojums, kurā rodas augstas enerģijas — $E_p > 30$ MeV — kosmiskie stari, attiecīgajā aktivitātes centrā jau dienu pirms šā notikuma novērojami mazi uzliesmojumi un mazākas enerģijas — $E_p = 1—10$ MeV — daļiņu emisija. Bet Krimas Astrofizikas observatorijā, kur atklātas Saules 160 minūšu pulsācijas, konstatēta arī šo pulsāciju ietekme uz uzliesmojumu ģenerāciju. Analizējot periodā no 1955. gada līdz 1980. gadam novēroto 16 000 uzliesmojumu datus, izrādījies, ka uzliesmojumu sākuma momenti seko cits citam visbiežāk ar 160 minūšu starplaiku. Respektīvi, Saules globālo pulsāciju izraisītās plazmas kustības spēj aktivizēt norises aktivitātes centros, stimulēt tuvu atrodošos magnētisko plūsmu pārsavienošanās.

N. C i m a h o v i č a

Atmosfēras ozons — apdraudēts

Zemes atmosfērā 15—50 km augstumā sastopamas ozona (O_3) molekulas. Tiešām «sastopamas», jo, pastāvot normālam spiedienam un temperatūrai (760 mm Hg un $0^\circ C$), to slāņa biezums nepārsniegtu 2,5—3 milimetrus. Bet ozona molekulas sargā Zemes dzīvību no bīstamajiem kosmosa ultravioletajiem stariem, absorbējot tos. Tāpēc dažādu nozaru speciālisti interesējas par ozona daudzuma izmaiņām dažādu faktoru ietekmē.

Pašreiz pati bīstamākā ir antropogēnā iedarbība. Piemēram, kā zināms, ozona slāņa

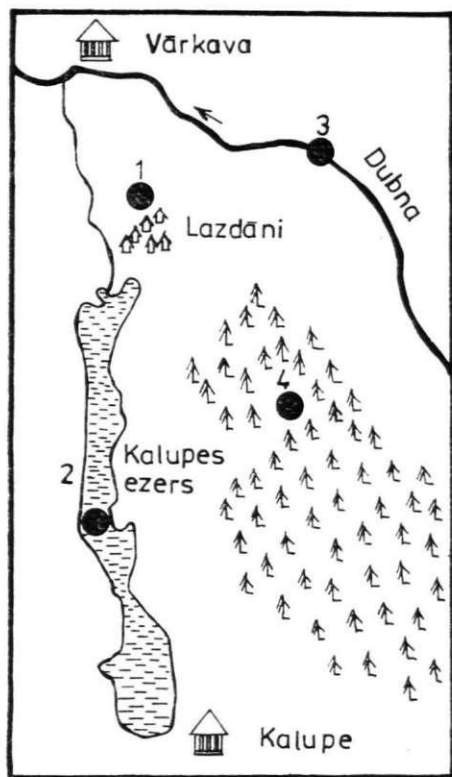
sarūkšanu veicina plaši lietota freona gāze. Antropogēno faktoru ietekme izpaužas pat Antarktīkā — laikposmā no 1980. gada līdz 1984. gadam tur ozona daudzums izrādījies mazāks nekā periodā no 1957. gada līdz 1973. gadam.

Ozona vārgumu labi raksturo ozonosfēras atkarība arī no dažādiem kosmiskajiem faktoriem. Tā, konstatēts, ka Saules ultravioletā starojuma variācijas vienpadsmit gadu cikla laikā var izmainīt atmosfēras kopējo ozona daudzumu par 2—3 procentiem. Ozona daudzuma samazināšanos novērojuši ZMP arī pēc lielajiem Saules uzliesmojumiem. Vēl cits ozona koncentrācijas variāciju cēlonis ir Galaktikas kosmiskie stari — šo staru plūsmas pieauguma posmos ozona molekulu skaits samazinās. Tomēr, par laimi, atšķirībā no antropogēnajiem faktoriem, kosmisko procesu ietekme uz ozona sabrukšanu ir pārejoša. Piemēram, pēc lielajiem Saules uzliesmojumiem ozona slānis restaurējas dažu stundu laikā. Aeronomiskās reakcijas Zemes atmosfēras augšējos slāņos vēl norisinās neatkarīgi no tehnoloģijas progressa. Zinātnieki pat domā, ka mēs neesam apzinājuši visus ozona ģenerācijas procesus un Zemes cilvēcei šai jomā ir vēl «drošības rezerve».

N. C i m a h o v i č a

Jauni dati par Lazdānu meteorītu

Lazdānu jeb, kā tas vairāk pazīstams, Liksnas meteorīts nokrita 1820. gada 30. jūnijā Vitebskas guberņas Dinaburgas (Daugavpils) apriņķa teritorijā. Tā paša gada 28. jūlijā Jelgavā iznākošajā avīzē sniegts samērā izsmelošs meteorīta nokrišanas apstākļu apraksts, kura autors ir grāfs M. Plāters-Zibergs, Liksnas muižas īpašnieces grāfienes I. Zibergas vīrs, kas pats bijis šā notikuma aculiecinieks. M. Plāters-Zibergs ne tikai balstījies uz saviem novērojumiem, bet vēl aptaujājis 11 personas, kas meteorīta nokrišanu



1. att. Lazdānu meteorīta gabalu iespējamās nokrišanas vietas: 1 — Lazdānu sādžas laukā; 2 — četras verstis no Lazdāniem, Kalupes ezerā; 3 — trīs verstis no Lazdāniem, Dubnas upē; 4 — mežā, virs kura meteorīts sasprāga.

bija vērojamas septiņās dažādās vietās.¹ M. Plātera-Ziberga apraksts uzlūkojams par pamatinformāciju šā senā notikuma izpētē.

Nesen PSRS Zinātņu akadēmijas Arheoloģijas institūta Ļeņingradas nodaļas arhīvā, kurā ietilpināts arī 1856. gadā dibinātās Ķeizarkārīgas arheoloģijas komisijas arhīvs, uztiets, šķiet, iepriekš neapzināts materiāls par Lazdānu meteorītu.²

¹ Allgemeine deutsche Zeitung für Russland, 28. July 1820, N 180.

² PSRS Zinātņu akadēmijas Arheoloģijas institūta Ļeņingradas nodaļas arhīvs, 6. fonds, 1820. gads, 2. lieta.

1820. gada 4. augustā Krievijas Iekšlietu ministrijā tika saņemts sūtījums no Vitebskas, kura sastāvā bija Dinaburgas apriņķa ispravņika 1820. gada 10. jūlija raporta noraksts, speciāli izemīta pakete ar meteorīta gabalu un Vitebskas gubernatora pavadvēstule. Pēc divām dienām, 6. augustā, sūtījums ticis pāradresēts Krievijas Garīgo lietu un tautas izglītības ministram. Vai tas tiešām tur nonācis, ziņu nav. Arhīvā atrastie dokumenti ir 1820. gada kopijas.

Tiešais notikumu apraksts sastādīts uz četrām lapām, bet šā 10. jūlija ziņojuma (izejošais raksts № 271) pirmajā teikumā norādīts, ka pirmais ziņojums Vitebskas gubernatoram nosūtīts jau 5. jūlijā (izejošais raksts № 259).

Ziņojuma saturs līdzīgs M. Plātera-Ziberga aprakstam, bet vērojamas arī atšķirības. Ziņojuma teksts ir aptuveni šāds. 30. jūnija pēcpusdienā starp pieciem un sešiem Liksnas muižā, kas atrodas 13 verstis (1 versts = 1,07 km) no Dinaburgas pie lielā Rīgas pasta trakta, bijis dzirdams pērķona grāvīnam līdzīgs troksnis. Austrumos no Liksnas ap 60° augstumā parādījusies ugunīga, starojoša lode aptuveni pilna Mēness lielumā un lielā ātrumā virzījusies aptuveni no dienvidiem uz ziemeļiem. Lodi apņēmušas liesmas, kas līdzīgi nelielai komētas astei stiepušās aiz tās. Lodes ceļā palikuši nelieli mākonīši, kas, tai lēni sekodami, pamazām izkļuši. Nepilnu minūti pēc tam, kad lode ziemeļos izgaisusi, atskanējuši trīs liela kalibra lielgabalu šāvienus atgādināši trokšņi, pēc tam bieži mazāka spēka trokšņi un beigās it kā garš pērķona grāvīns. Tajā pašā brīdī 24 verstis no Liksnas ar spalgu troksni Lazdānu sādžas laukos 50 soļus no diviem strādniekiem nokritis «aerolīts». Tāpat četru verstu attālumā cits priekšmets ar apdullinošu svilpienu iekritis Kalupes ezerā. Seši zemnieki, kas pie ezera pļāvuši, redzējuši izšaujamos ūdens stabu vairāku saženu (1 sažens = 2,13 m) augstumā; viss ezers ticis briesmīgi satricināts. Kaut kas abiem iepriekšējiem priekšmetiem līdzīgs iekritis arī Dubnas upē trīs verstis no Lazdāniem.

Pirmais «aerolīts», kas svēris ap 40 mārciņu (ap 16 kg), ietriecies pusotras pēdas dziļi visai cieļā un mālainā zemē. Sākumā tas bijis karsts, un daži zemnieki, kas pame- tuši savu darbu un gājuši to apskatīt, apde- dzinājuši rokas. Ap akmeni izplatījusies šau- jampulvera smaka. Zemnieki akmeni izvilkuši no zemes un turpat uz vietas sadauzījuši. Akmenim esot bijušas magnētiskās pievilkša- nas spējas. Kādam aculieciniekam, kas atra- dies starp Liksnu un meteorīta nokrišanas vietu, liesies, ka pa gaisu lidojusi it kā liela degošu salmu kaudze, kuras degošais gals pavērsts pret Liksnu. Savukārt no tās vie- tas, kur akmens nokrita, bijusi redzama par Mēnesi lielāka lode spidošā tumšpelēkā krāsā. Šī lode gaisā sasprāgusi, pēc tam tās daļas atkal it kā savienojušās un ar da- zādu troksni nokritušas zemē. Troksnis bijis dzirdams 15 un vairāk jūdžu tālu (1 jū- dze=7,5 km). Sākumā bijuši trīs spēcīgam lielgabala šāvienam līdzīgi grāvieni, pēc tam tādi kā nepārtraukti lielgabalu dārdi, tad it kā lielu dzirnakmeņu, lielu bungu vai par tiltu braucošu smagu ratu radīts troksnis.

Aprakstīto notikumu laikā bijusi skaidra debess, tikai pamalē bijuši redzami daži reti mākonīši. Pēc meteora nokrišanas pūtis viegls rietumu vējš. Kā vēlāk novērots, ūdens Liksnas, Dubnas un Daugavas upēs bija pa- cēlies par pusotrām aršīnām (ap 1,1 m).

Lielāko daļu no zemnieku sadauzītā mete- orita grāfs Plāters-Zibergs savācis nosūtīša- nai uz Viļņas un Tērbatas akadēmijām.

Dīnaburgas ispravņika raportā trūkst M. Plātera-Ziberga liecību par diviem namda- rīem, kas meteorītu redzējuši no Vārkavas

muižas, kur viņi labojuši jumtu, un par tām meteorīta daļām, kuras iekritušas mežā pie Kalupes ezera.

Iespējams, ka vēl ko jaunu senā notikuma ataiņošanā varētu sniegt 5. jūlija ziņojuma un Pēterburgas sūtījuma oriģināla atrašana citos arhīvos. Domājams, ka M. Plāters-Zi- bergs zinājis par šo raportu, jo maz ticams, ka aprīņķa ispravņiks bez zemes īpašnieces atļaujas uzdriktstētos vākt ziņas. M. Plātera- Ziberga ziņojums Jelgavā nonācis tikai 1820. gada 25. jūlijā.

Sobrīd vairāk lietotais nosaukums «Lik- snas meteorīts», šķiet, nav precīzs. Abos zi- ņojumos norādīts, ka meteorīts nokritis 24 verstis no Liksnas muižas Lazdānu sā- dzas laukos. Lazdāni atrodas tagadējā Preiļu rajona Rožkalnu ciemā Kalupes ezera ziemeļu galā. Ja salīdzina citus aprakstā un raportā minētos faktus un attālumus, tad me- teorīta daļu nokrišana lokalizējama vietā starp bijušajām Kalupes un Vārkavas mui- žām dažādos attālumos no Lazdāniem. Zi- nāms, ka grāfienei J. Zibergai piederēja liels dzimtsīpašums, kurā ietilpa arī Kalupes muiža ar tai tuvējo Lazdānu sādžu. Grāfienes J. Zi- bergas un grāfa M. Plātera-Ziberga rezidence bija Liksna, kas bija plašākas apkārtnes centrs. Tādējādi meteorīts tika saistīts ar Liksnu, lai gan tā nav pat meteorīta nokri- šanas vietai tuvākā muiža. Precīzāk būtu šo meteorītu saukt par Lazdānu meteorītu.

Iespējams, ka Lazdānu, Kalupes un Vār- kavas apkārtņē vēl mūsdienās atrodamas kā- das liecības par šo seno notikumu.

J. Urtāns



HALEJA KOMĒTAS KOSMISKIE PĒTĪJUMI

Starptautiskās Haleja komētas izpētes programmas, kas ietvēra komētas novērojumus ciešā tuvplānā un tiešus mērījumus no garām lidojošiem kosmiskajiem aparātiem, novērojumus no Zemes apkārtnes ar kosmiskajiem teleskopiem un no Zemes virsmas ar parastajiem teleskopiem, bija viens no mūsdienu ievērojamākajiem notikumiem gan astronomijā, gan kosmonautikā. Kā jau tsumā ziņots,* visi pretī komētai sūtītie lidaparāti savus pētniecības uzdevumus izpildīja (lai arī daži cieta no komētas putekļu trāpījumiem), un šobrīd jau iespējams sniegt gan detalizētāku tehnisko atskatu uz šīs sarežģītās operācijas norisi, gan savāktu zinātnisko datu provizoriskās apstrādes un izvērtēšanas rezultātus.

PĒTĪJUMI NO MAZA ATTĀLUMA

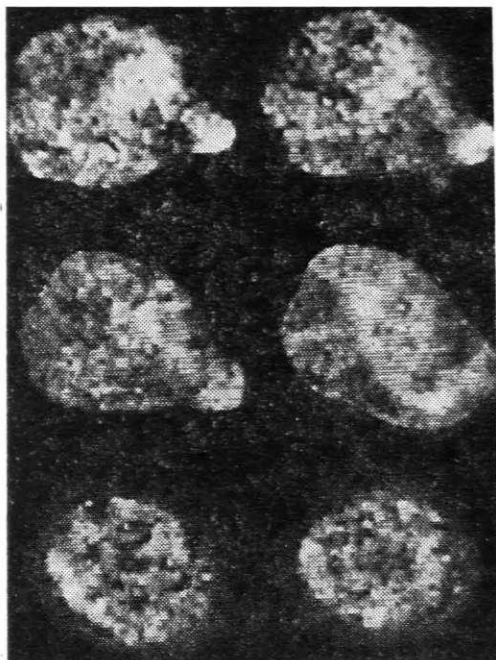
Padomju automātiskajām starpplanētu stacijām «Vega-1» un «Vega-2» galvenie Haleja komētas izpētes seansi notika 1986. gada 6. un 9. martā, kad kosmiskie aparāti lidoja garām šā spīdekļa kodolam 8890 km un 8030 km attālumā. Pētījumu programma ietvēra trīs plašus virzienus: 1) kodola un tā apkāmes novērošanu tuvplānā ar optiskajiem instrumentiem, 2) gāzu un putekļu apvalka raksturlielumu noteikšanu gan tiešos mērījumos, gan pēc optiskajiem no-

vērojumiem un 3) plazmas apvalka tiešu zondēšanu.

Ar «Vegu» televīzijas kamerām (gandrīz vienlaikus — arī ar analogisku automātiskās stacijas «Giotto» instrumentu; sk. turpmāk) pirmo reizi kļuva iespējams detaļās uzņemt komētas centrālo daļu, kura ietver kodolu un tam vistuvāko gāzu un putekļu apvalku apgabalu.

Tā kā komētu fizikālo īpatnību dēļ īsti precīzi prognozēt šādu objektu kustību nevar, «Vegas» televīzijas sistēmā iebūvētais mikroprocesors katrā iegūtajā attēlā vispirms noteica paša spožākā laukuma koordinātas. Pamatojoties uz šiem datiem, tas, pirmkārt, atbilstoši korigēja visas optisko instrumentu (telekameru un spektrometru) platformas orientāciju, otrkārt, no katra 512×512 elementu lielā kadra izraudzījās translēšanai uz Zemi 128×128 elementu lielu fragmentu. Otrā operācija ļāva elektroniski kompensēt platformas tēmējuma neprecizitātes un, pats galvenais, 16 reižu samazināt attēla raidīšanas ilgumu, tādējādi tikpat reižu palielinot iegūstamo attēlu kopskaitu. «Vegas-1» televīzijas sistēma darbojās šādā režīmā visu laiku, bet «Vegas-2» televīzijas sistēmu pusstundu pirms visciešākās tuvošanās komētai nācās pārslēgt uz pilnu kadru raidīšanu, jo pēkšņi bija sabojājies mikroprocesors (platformas orientēšanu, lai arī ne tik precīzu, šajā situācijā nodrošināja speciāls rezerves sensors). Pavisam ar «Vegas-1» un «Vegas-2» platleņķa un šaurleņķa telekamerām Haleja komētas pētījumu gaitā tika caur dažādiem gaismas filtriem uzņemts 1500 pilna vai daļēja formāta kadru, to vidū ap 70 — no 50 000 km un mazāka attāluma (sk. krāsu ielikuma 2. lpp.). Visciešā-

* Sk. Mūkins E. Trīs kosmiskās tikšanās. — Zvaigžņotā Debess, 1986. gada rudens, 24.—31. lpp. (par tikšanos ar Haleja komētu — 25.—28. lpp.).



1	2	7	8
3	4	9	10
5	6	11	12

1. att. Haleja komētas centrālās daļas uzņēmumi no automātiskās stacijas «Vega-1» — gan tie paši, kas krāsu ielikuma 2. lpp., gan vēl daži tiem analogiski, taču visi speciāli apstrādāti. Attēli uzņemti, «Vegas» attālūmam no komētas samazinoties no 12 500 km līdz 9000 km (1—4) un atkal pieaugot līdz 20 000 km (5—12). (Pēc «Pisjma v Astronomičeskij žurnal».)

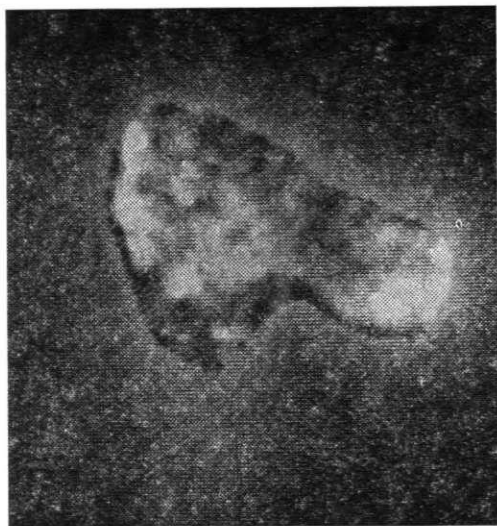
kās tuvošanās brīdī iegūtajos attēlos komētas centrālajā daļā iespējams atšķirt līdz dažiem simtiem metru sīkas detaļas.

«Vegu» pārraidītie attēli parādīja, ka Haleja komētas kodolu, kad tas ir tuvu Saulei (iztīrījamo kosmisko pētījumu periodā — 0,8 a. v.), stipri maskē no tā izplūstošie gāzes un putekļu fontāni, kuri ir daudz spožāki par savu avotu. Lai šādā situācijā telekameru uzņemtajā gaišajā veidojumā tomēr atrastu komētas kodolu, noteiktu tā robežu un novērtētu virsmas īpašības, bija nepieciešama visai sarežģīta attēlu fotometriskā apstrāde. Kodola robežas restaurēšanai «Vegu» uzņēmumos, piemēram, tika izmantota t. s. kontrgradientu metode: pēc gaišā laukuma perifērijas izvērtēts, cik strauji virzienā no malas uz vidu aug apvalka spožums, pēc centrālās daļas — cik strauji pretējā virzienā dilst

kodola spožums, visbeidzot, atrasti abu šādi konstruēto spožuma līkņu krustpunkti (1., 2. att.).

Apstrādes pirmā etapa rezultātā eksperimenta autori secinājuši, ka Haleja komētas kodola izmēri ir apmēram $14 \times 7,5 \times 7,5$ km (kļūda, pēc viņu vērtējuma, nepārsniedz 2 km), tam piemītošā gaismas atstarotspēja — 3—6%, resp., šis objekts ir viengabalains iegarenas formas ķermenis ar ļoti tumšu virsmu. Viņu vērtējums labi saskan gan ar agrākajiem pētījumiem no Zemes,* gan ar dažas dienas vēlāk veikto kodola

* Pēc komētas atstarotās gaismas un izstarotā siltuma starojuma mērījumiem laikā, kad tā vēl bija tālu no Saules, un atbilstošiem aprēķiniem, D. Krukšens un viņa līdzstrādnieki (ASV) bija secinājuši, ka kodola diametrs ir 15—20 km un gaismas atstarotspēja — 3—5 procenti.



2. att. Haleja komētas centrālās daļas uzņēmums no automātiskās stacijas «Vega-2» — tas pats, kas krāsu lieluma 2. lpp., taču speciāli apstrādāts, lai mēģinātu atrast komētas kodola robežu un novērtēt tā virsmas īpašības. (Pēc «Pisjma v Astronomičeskiĭ žurnal».)

teleuzņemšanu, no automātiskās stacijas «Giotto». «Vegas-1» un sevišķi «Vegas-2» pārraidītie attēli ļauj arī secināt, ka vielas izplūde no komētas kodola norit Saulei pievērstajā pusē, galvenokārt — atsevišķu fontānu veidā.

Kad «Vega-1» tuvojās Haleja komētas centrālajai daļai, kosmiskā aparāta infrasarkanais spektrometrs no vairāku desmitu tūkstošu kilometru attāluma reģistrēja šā veidojuma spektrus 2,5—5 μm un 6—12 μm diapazonā (novērojumus no vēl mazāka attāluma izjauca kļūda instrumenta saņemto komandu virknē). Iegūtajās spektrogrammās līdztekus jau labi zināmo sastāvdaļu — ūdens tvaika un ogļskābās gāzes — joslām saskatāmas arī dažas citas, kuru izcelsme vēl jāskaidro teorētisku un citādu pētījumu ceļā.

Cits «Vegas-1» infrasarkanā spektrometra bloks no minimālā attāluma izmērīja komētas centrālās daļas siltuma starojumu kopumā un noteica tā avota caurmēru šā spīdekļa orbītai perpendikulārā virzienā — 11 ± 2 kilometri.

Kompleksi izvērtējot visus ar šo instrumentu savāktos datus, eksperimenta autori secinājuši, ka komētas kodola (vai kodola un tā tuvākās apkārtnes) temperatūra ir negaidīti augsta, proti, robežās no 300 līdz 400 kelviniem.

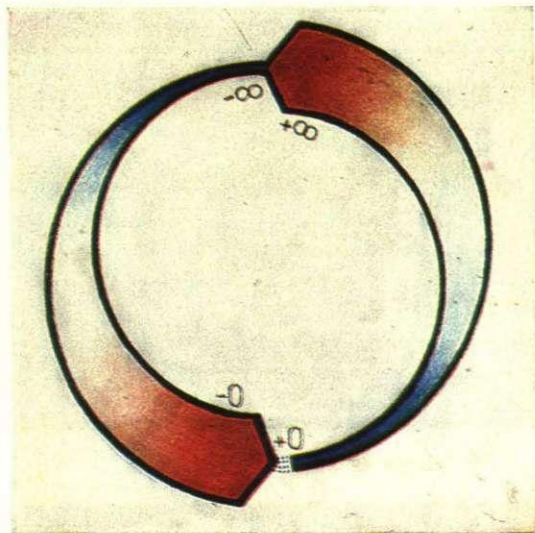
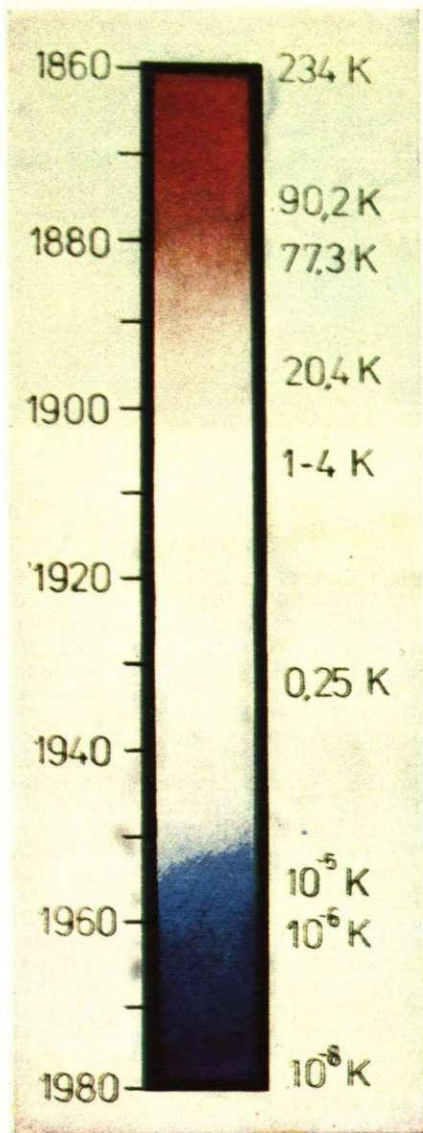
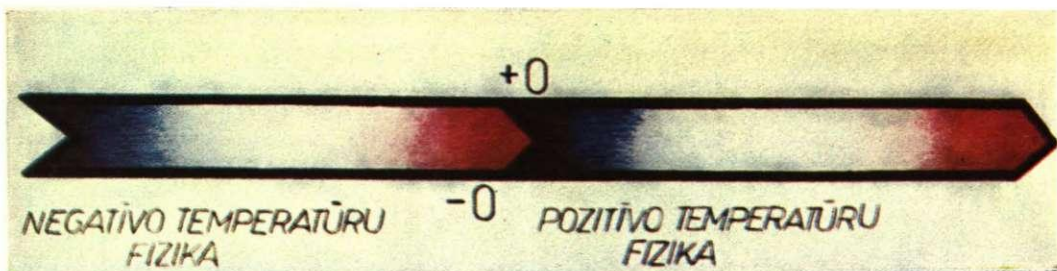
Ar «Vegas-2» infrasarkanā spektrometru nekādi mērījumi netika veikti, jo nefunkcionēja starojuma uztvērēju dzesēšanas sistēma.

Ar «Vegas-2» trīsdiapazonu — ultravioletā, redzamā un tuvējā infrasarkanā starojuma — spektrometru komētas sastapšanās brīdī tika novēroti tās gāzu un putekļu apvalka apgabali, kuri atradās dažu simtu un tūkstošu kilometru attālumā no kodola. Proti, tika reģistrēti spektri 0,95—1,9 μm un 275—715 nm diapazonā (120—290 nm diapazonā nedarbojās elektron-optiskais pastiprinātājs), kuri ļāva novērtēt gan putekļu īpašības, gan dažādu molekulu — ūdens tvaika, hidroksila, divatomu un trīsatomu oglekļa u. c. — daudzumu attiecīgajā apgabalā. Pēc rezultātu provizoriskā izvērtējuma iznāk, ka hidroksila Haleja komētas gāzu apvalkā ir krietni vairāk, nekā varētu rasties ūdens tvaika sadalīšanās rezultātā, tātad par tā avotu acīmredzot kalpo arī kāda cita viela.* Ņemot palīgā tiešu mērījumu ceļā iegūtos komētas putekļu raksturlielumus (sk. turpmāk) un teorētiskus apsvērumus, pēc «Vegas-2» spektrometra datiem novērtēts šo vielas daļiņu blīvums (tikai ap 0,35 g/cm³).

«Vegas-1» trīsdiapazonu spektrometram nedarbojās mikroprocesori (iespējams, trūka kāds barošanas spriegums), tādēļ iegūt informāciju ar to nevarēja.

«Vegu» lidojuma gaitā speciāli masspektrometri noteica dažāda veida atomu daudzumu miniaturajos plazmas mākonīšos, kuri radās, pret instrumentā uzstādīto mērķi ar milzu ātrumu triecoties cietām daļiņām; šādā veidā tika iegūti pirmie drošie un precīzie dati par komētas putekļu apvalka ķīmisko sastāvu. «Vega-1» pārraidīja ziņas par gandrīz diviem tūkstošiem visdažādākā lieluma putekļu, «Vega-2», kurai

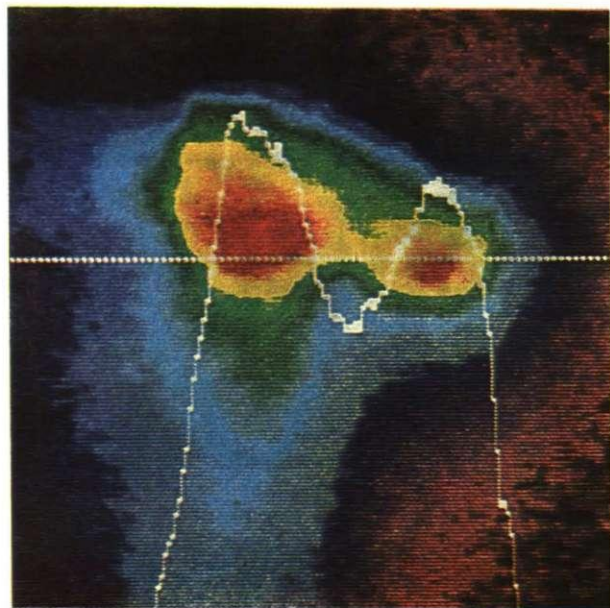
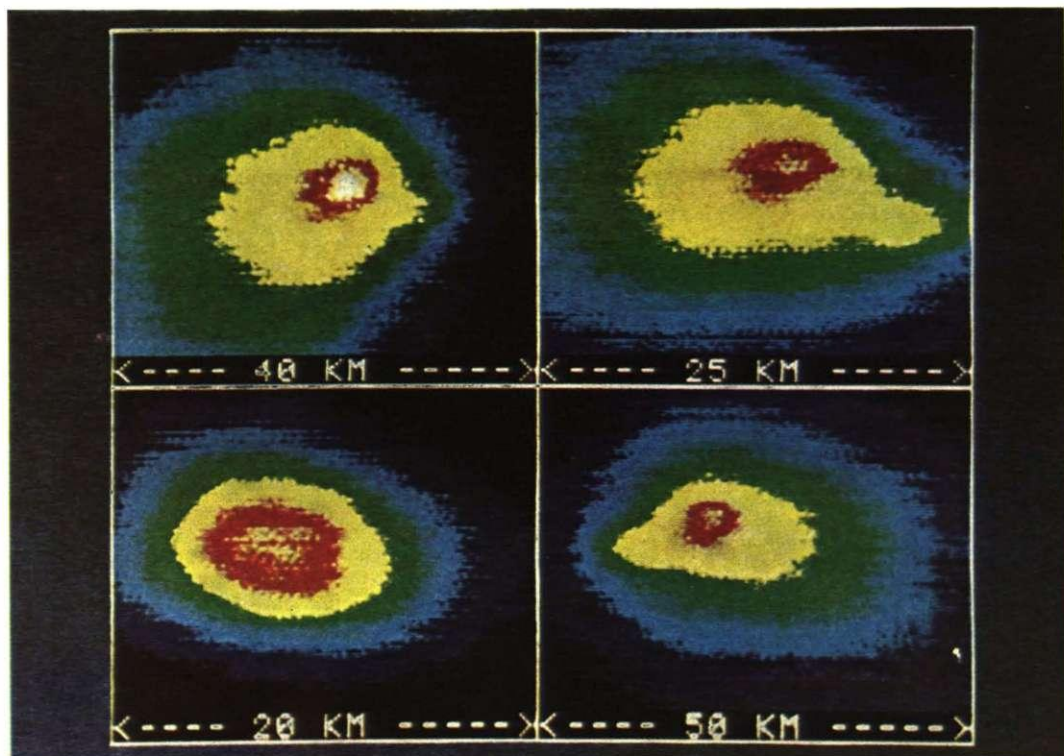
* Līdzīga situācija, spriežot pēc automātiskās stacijas «Mariner-10» (ASV) novērojumiem no liela attāluma, bija arī Kohouteka komētā (1974).



Pa kreisi — zemo temperatūru pasaules iekarošanas gaita (kreisajā pusē — gadi, labajā — temperatūra kelvinos).

Augšā — negatīvo un pozitīvo temperatūru fizika.

Pa labi — nosacīti noslēgtais riņķojums pa temperatūras asi.

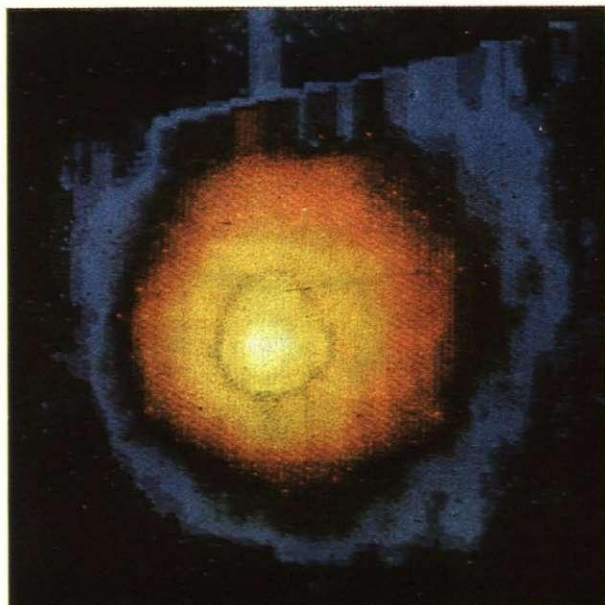


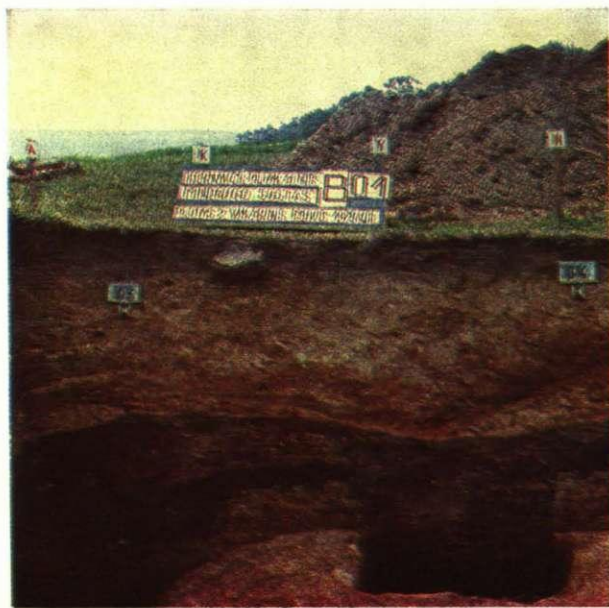
Haleja komētas centrālā daļa uzņēmumos, kurus 1986. gada martā ieguvušas padomju automātiskās stacijas «Vega»: *augšā* — 6. martā no 9000—25 000 km attāluma «Vega-1», Saulei spīdot ieslīpi no kreisās puses (pirmais un otrais attēls), tieši virsū komētai (trešais attēls) un ieslīpi no labās puses (ceturtais attēls); *apakšā* — 9. martā no 8000 km attāluma «Vega-2», Saulei spīdot ieslīpi no kreisās puses. Krāsas ataino objekta spožumu gaismas filtra izdalītajā spektra joslā, tātad ir pilnīgi nosacītas: gandrīz baltajai («Vegas-1» iegūto attēlu pašā centrā) atbilst vislielākais spožums, sarkanajai — mazāks, dzeltenajai — vēl mazāks utt. Līkne «Vegas-2» iegūtajā uzņēmumā, kurš aptver apmēram 20×20 km lielu apgabalu, ataino spožuma maiņu gar balto punktlīniju; tās stāvākie posmi abpus divkārsajam maksimumam, domājams, aptuveni atbilst komētas kodola robežai šajā attēlā. (TASS attēli.)



Augšā — Haleja komētas kodols (tumšs) un no tā izplūstošās gāzu un putekļu strūkļas (gaišas) Rietumeiropas automātiskās stacijas «Giotto» uzņēmumā № 3443, kurš iegūts 1986. gada 13./14. martā no 18 000 km attāluma un aptver (publicējamais fragments) apmēram 30×20 km lielu apgabalu. Saule atrodas uz leju pa kreisi (sk. shēmu 39. lpp.). Attēla krāsas aptuveni atbilst uzņemšanā izmantotā gaismas filtra krāsai, kontrasts mazliet pastiprināts. Divas spožākās strūkļas, iespējams, ir tie paši veidojumi, kas dominē «Vegas-2» iegūtajā uzņēmumā iepriekšējā lappusē. (ESA attēls.)

Apakšā — Haleja komētas ūdeņraža korona ASV automātiskās stacijas (Venēras mākslīgā pavadoņa) «Pioneer-Venus-1» uzņēmumā, kurš iegūts 1986. gada februāra sākumā un aptver apmēram $25\,000\,000 \times 25\,000\,000$ km lielu apgabalu. Saule atrodas uz leju pa kreisi. Krāsas nosacīti ataino objekta spožumu ūdeņraža 1216 Å spektra līnijā. (NASA attēls.)





Arheoloģisko izrakumu tīkla nospraušana Kernaves pilskalnā, bijušās Mindauga pils vietā, pirms fotogrammetriskās uz-mērišanas.

Kernaves pilskalna arheoloģisko izra-kumu fotogramma. Dabā apzīmētas izra-kumu tīkla ass, kontrolpunkti un objekta nosaukums, kā arī ainas numurs.

attiecīgais instruments sāka funkcionēt tikai nelieli pirms visciešākās tuvošanās kodolam, — par dažiem simtiem relatīvi prāvu daļiņu.

Šajā eksperimentā noskaidrots, ka Haleja komētas apvalkā ir, klasificējot pēc sastāva, trīs raksturīgu tipu putekļi. Pirmais acīmredzot ir analogisks t. s. oglekļa hondrītiem, kādi sastopami meteorītos un droši vien arī asteroidos: šajās komētas vielas daļiņās ietilpst galvenokārt ogleklis, skābeklis, nātrijs, magnijs, silīcijs, kalcijs un dzelzs (uzskaitījums atomu masas pieaugšanas secībā). Otrais tips arī ir līdzīgs oglekļa hondrītiem, taču krietni bagātāks ar oglekli un slāpekli. Trešā tipa daļiņās dominē ūdenradis, ogleklis un skābeklis, tāpat tās sastāv no parastā (H_2O) un «sausā» (CO_2) leduš. Ap 80% Haleja komētas putekļu atbilst otrajam vai trešajam tipam, atlikušie 20% — pirmajam.

Tiekoties ar Haleja komētu, gan «Vegā-1», gan «Vegā-2» darbojās četri uz dažādiem fizikāliem principiem pamatoti putekļu detektorī un masas analizatorī. Tāpat kā putekļu vielas masspektrometrs, tie pārliecinoši parādīja, ka, atsevišķo daļiņu masai samazinoties pat līdz instrumentu jutības robežai, proti, līdz apmēram 10^{-16} g, to skaits turpina nemēģīgi augt. Tātad, pretstatā dažiem teorētiskajiem modeļiem, komētas apvalkā ir ļoti daudz pašu sīkāko daļiņu, turpretī vidējas un lielas masas — līdz 10^{-6} g — putekļu skaits izrādījās aptuveni tāds, kā paredzēts. Teorētiski pierēķinot kļāt arī vēl lielākās daļiņas, kuras, protams, ir daudz retāk sastopamas, iznāk, ka no Haleja komētas kodola ik sekundi tiek izsviestas vairākas tonnas cietas vielas. Pirmo saskarsmi ar to, t. i., Haleja komētas putekļu apvalka robežu, vairums minēto instrumentu reģistrēja 250 000—300 000 km attālumā no kodola. Apvalka iekšējā struktūra izrādījās laikā mainīga un visai neviendabīga: aptuveni uz Saules pusi izplūstošajos vielas fontānos putekļu ir daudzreiz vairāk nekā pārējā telpā, turklāt koncentrācijas starpība dažādas masas daļiņām ir stipri atšķirīga.

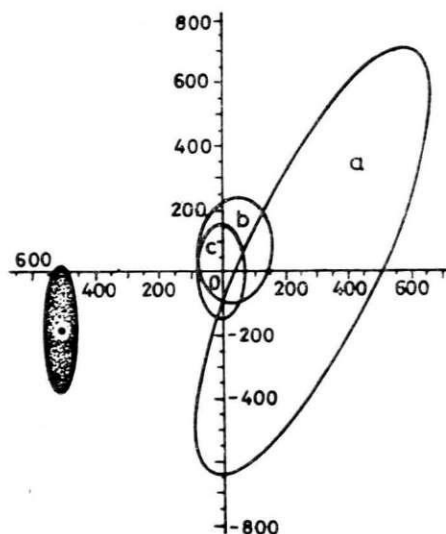
Haleja komētas gāzu apvalka pirmās pazīmes «Vegā-1» uzstādītais neitrālās gāzes masspektrometrs konstatēja apmēram 60 000 km attālumā no kodola, bef visciešākās tuvošanās

brīdī tas reģistrēja desmitreiz vairāk molekulu nekā brīvā starplanētu telpā (analogiskais «Vegas-2» instruments nedarbojās). Ar abu «Vegu» plazmas analizatoriem, kuri reizē pildīja arī jonu masspektrometra funkcijas, savukārt tika izmērīts komētas plazmas apvalka blīvums, sastāvs un temperatūra. No šiem datiem izriet, ka pētījumu seansa laikā Haleja komētas kodols ik sekundi zaudējis ūdens tvaika veidā ap 40 t masas.

Gan plazmas analizatori, gan «Vegas-1» augstas enerģijas sīkdaļiņu analizators pamatnīja pirmos no komētas nākošos jonus jau nepilnu 10 000 000 km attālumā no kodola. Apmēram 1 000 000 km attālumā šie instrumenti, kā arī abu «Vegu» plazmas viļņu (tajā izplatīto elektriskā lauka svārstību) analizatori un magnetometri reģistrēja kaut ko līdzīgu triecienvilnim, kāds mēdz veidoties, Saules vējam saduroties ar šķērslī. Atšķirībā no planētas ietverošajiem triecienvilņiem, kuros magnētiskā lauka intensitāte ir daudz augstāka nekā brīvā starplanētu telpā un tā virziens haotiski mainās, Haleja komētas apkaimē bija vērojamas būtībā tikai dažāda mēroga deformācijas starplanētu magnētiskajā laukā. Arī triecienvilņu zonām raksturīgo plazmas viļņu intensitāte šā veidojuma šķērsošanas gaitā auga un dila daudz lēnāk nekā līdzīgos veidojumos ap planētām.*

No trijiem desmitiem abās «Vegās» uzstādīto zinātnisko instrumentu sadursmēs ar Haleja komētas putekļiem darbaspēju pamatos zaudēja tikai divi («Vegas-1» augstfrekvences plazmas viļņu analizators un «Vegas-2» magnetometrs) un mazākus bojājumus cieta seši. Tiesa, par apmēram 50% samazinājās jauda Saules baterijām, kuru spārņveidīgie paneļi bija vērsti ieslīpi pret putekļu trajektorijām un tādēļ piedzīvoja visai daudz trāpījumu, taču zinātniskā ekipējuma funkcionēšanu tas būtiski neietekmēja. Tādējādi, par spīti dažu instrumentu kļūmēm un putekļu triecienu izraisītajiem bojājumiem, ne-

* Tāds pats pēc struktūras, taču lineārajos izmēros desmitreiz mazāks bija elektromagnētisko parādību kopums Džakobīni—Cinnera komētas apkaimē, kuru 1985. gadā tieši šajā aspektā iepazīna kosmiskais aparāts ICE (ASV un Rietumeiropa).



3. att. Haleja komētas un Rietumeiropas automātiskās stacijas «Giotto» sastapšanās trajektorijas precizēšana, izmantojot ar padomju automātiskajām stacijām «Vega» iegūtās ziņas par komētas faktisko kustību. Trīs savstarpēji krustojošās elipses (a, b, c) ir apgabali, kuros Haleja komētai sastapšanās brīdī vajadzēja atrasties ar 97% varbūtību pēc prognozes, kura pamatojās tikai uz novērojumiem no Zemes (a), arī «Vegas-1» datiem (b) un abu «Vegu» datiem (c). Melnais punkts ir vieta, kurp pēdējās korekcijas gaitā tika notēmēts «Giotto», ar punktejumu aizpildītā elipse — apgabals, kurā tam bija jātrāpa ar 97% varbūtību. Patiesībā gan komētas, gan kosmiskā aparāta trajektorijas izrādījās tālu no attiecīgās kļūdu elipses malām, tādēļ «Giotto» faktiskais attālums no komētas visciešākās tuvošanās brīdī bija tikai par 65 km lielāks nekā plānotie 540 km. (Pēc ESA materiāliem.)

izpalika neviens programmā «Vega» ielānotais eksperiments.

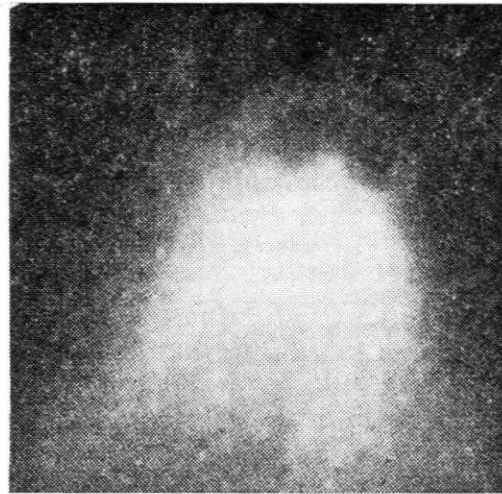
Haleja komētas pētījumos projekta «Vega» ietvaros līdztekus Padomju Savienībai piedalījās vēl deviņas valstis: nacionālo kosmisko aģentūru līmenī — Austrija, Bulgārija, Čehoslovākija, Francija, Polija, Ungārija un VDR, bet atsevišķu zinātnisko iestāžu līmenī — ASV un VFR. Ar patstāvīgi izstrādātiem zinātniska-

jiem instrumentiem automātisko staciju ekipējumā bija pārstāvētas (dilstošā skaita secībā) Padomju Savienība, Francija, VFR, ASV un Austrija.

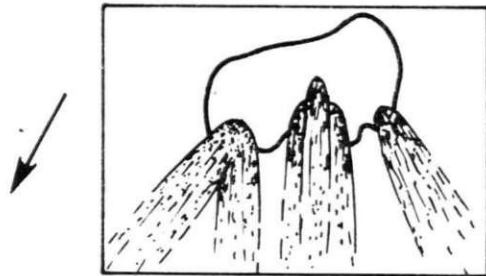
Rietumeiropas automātiskajai stacijai «Giotto» vienīgais Haleja komētas izpētes seanss bija paredzēts 1986. gada 13. un 14. marta mijā. Lai gan tai bija pieticīgāks zinātniskais ekipējums nekā «Vegām» (būtiskākā atšķirība: optisko spektrometru vietā — mazāk informatīvais daudzkanālu fotometrs), pētījumi bija plānoti praktiski tajās pašās jomās, turklāt tos vajadzēja turpināt līdz pat 500—600 km attālumam no komētas kodola.

Pamatojoties vienīgi uz Haleja komētas novērojumiem no Zemes, tās atrašanās vietu bija iespējams prognozēt labākajā gadījumā ar nedaudzu simtu kilometru precizitāti, un līdz ar to «Giotto» minimālais attālums no kodola faktiski varēja iznākt krietni atšķirīgs no plānā paredzētā, proti, apmēram 300—1200 km robežās (3. att.). Tādēļ tika realizēts starptautisks kosmiskās navigācijas pasākums «Pathfinder» (jeb «Locman»): padomju speciālisti pēc «Vegu» iegūtajiem attēliem noteica komētas stāvokli attiecībā pret savām automātiskajām stacijām, savukārt amerikāņi ar radiointerferometrijas metodēm mērīja visu triju kosmisko aparātu savstarpējo novietojumu. Rezultātā Haleja komētas stāvokli attiecībā pret «Giotto» varēja prognozēt jau ar nepilnu simt kilometru precizitāti, un Rietumeiropas automātiskā stacija pēc trajektorijas korekcijas, kas tika izdarīta 12. marta vakarā, palidoja garām šā spīdekļa kodolam tikai 605 km attālumā.

«Giotto» telekameras uzņēmumos, pateicoties veiksmīgai gaismas filtru un ekspozīcijas ilgumu izvēlei un citiem labvēlīgiem faktoriem, bez īpašas apstrādes redzams Haleja komētas kodols (4. att., arī krāsu ielikuma 3. lpp.). Šis visai tumšais objekts pirmo reizi kļuva saskatāms no 50 000 km attāluma iegūtā attēlā, bet no 10 000 km distances uz tā virsmas jau varēja atšķirt samērā daudzas, tiesa gan, diezā putekļu aizsega manāmi aizmiglotas detaļas. To vidū visvairāk ir ieapaļu plankumu — visdrīzāk krāteru, kurus, jādodomā, radījuši nevis ļoti retie meteorītu triecieni, bet gan regulārie un intensīvie gāzu izvirdumi no šā ķermeņa



4. att. Haleja komētas centrālās daļas uzņēmumi no automātiskās stacijas «Giotto», analogiski uzņēmumam krāsu ielikuma 3. lpp., taču no lielāka un mazāka — 25 000 km un 4900 km — attāluma iegūti (visi — īpaši nepastrādāti), un minētā krāsu attēla atšifrējums: komētas kodols, no kura aptuveni uz Saules pusi (bultiņa kreisajā malā) izplūst piecas gāzu un putekļu strūkļas. (ESA attēli.)



dzīlēm. Kodola forma, spriežot pēc «Giotto» uzņēmumiem, ir iegarena un mēreni neregulāra, tā garums ir 14 km un diametrs, cik ļauj saskatīt spožie gāzu un putekļu fontāni, — vismaz 7 km, gaismas atstarotspēja — 2—4 procenti.

Ar trijiem mikroprocesoriem aprīkotā «Giotto» televīzijas sistēma, katrā kosmiskā aparāta apgriezienā ap garenasi izvēlēdamās īsto uzņemšanas brīdi un mainīdama īpaša spoguļa slīpumu, pastāvīgi centrēja iegūstamos kadrus uz visgaišāko objektu. Tādēļ Haleja komētas kodols pēdējo reizi daudz maz redzams uzņēmumā no 3000 km attāluma, kura detalizētība ir ap 70 m, bet pašu pēdējo attēlu, kurš iegūts no 1500 km attāluma, gandrīz pilnīgi aizņem visspožākais un plašākais gāzu un putekļu fontāns. Kopumā «Giotto» pārraidīja uz

Zemi 2000 komētas uzņēmumu, to vidū 70 — no 50 000 km un mazāka attāluma.

Haleja komētas putekļu, neitrālās gāzes un plazmas apvalku tiešai izpētei domātie «Giotto» instrumenti — masspektrometri, plazmas analizatori utt. — bija principā analogiski atbilstošajiem «Vegu» instrumentiem, un līdzīgi ir arī rezultāti, kas iegūti mērījumos ~10 000 un vairāk kilometru attālumā no kodola. Piemēram, komētas plazmas apvalka un Saules vēja sadursmes izraisītais triecienvilnis sastapts 1 200 000 km no kodola, pirmā putekļu daļiņa reģistrēta 250 000 km attālumā, vēlāk konstatēti daudzi putekļi, kuru masa ir tikai 10^{-16} un pat 10^{-17} g, utt., u. tml. Būtiski jauni dati iegūti mērījumos kodola tuvākā apkārtnē: 4300 km attālumā «Giotto» nonācis apgabalā, no kura komētas gāzes pilnībā izspiedušas Sau-

les vēja plazmu; to sastāvā dominējis ūdens tvaiks un H_3O^+ jons.

Sākoties Haleja komētas izpētes seansam, normāli darbojās itin visi «Giotto» zinātniskie instrumenti. Nepilnu 10 000 km attālumā no kodola sāka diezgan strauji samazināties iegūstamo attēlu kontrasts: acīmredzot putekļu trāpījumi izsita telekameras periskopa spogulī aizvien vairāk nelielu bedrīšu, kuras, haotiski izkliedēdamas gaismu, radīja instrumentā aizvien gaišāku fonu. Divas sekundes pirms visciešākās tuvošanās brīža jeb 620 km attālumā no komētas kodola putekļu trieciņi sašūpoja «Giotto» tik stipri, ka tā virzienantena novērsās no Zemes, un apmēram pusstundu informācija no kosmiskā aparāta praktiski nepienāca. Tā kā projekta «Giotto» autori bija ļoti nopietni rēķinājušies ar iespēju, ka kodola tuvumā lidaparāts varētu tikt pat pilnīgi sabojāts, un lielam lielo daļu zinātnisko pētījumu iepilninojuši tuvošanās posmam, radiosakaru pārtraukums šajā mirklī misijas iznākumu būtiski ietekmēt vairs nevarēja.

Kad pareizā orientācija un sakari bija atjaunoti, noskaidrojās, ka no «Giotto» desmit zinātniskajiem instrumentiem pavisam pārstājis funkcionēt viens (telekamera), bet vairāki citi daļēji zaudējuši darbību. Turpretī Saules baterijas, kuras šim kosmiskajam aparātam bija izvietotas uz cilindriera korpusa sānu virsmas un līdz ar to gandrīz visu laiku bija putekļu trajektorijām paralēlas, turpināja dot tikpat daudz elektroenerģijas, cik iepriekš.

Drīz pēc fikšanās ar Haleja komētu «Giotto» trajektorija tika korigēta tā, lai 1990. gadā kosmiskais aparāts nonāktu Zemes tuvumā un, izmantojot tās pievilksanas spēku, varētu tikt sūtīts vēl kādas komētas vai asteroida virzienā.

Projekts «Giotto» tika īstenots Eiropas kosmonautikas pārvaldes ietvaros: pašu kosmisko aparātu izgatavoja Anglija, tā zinātniskos instrumentus (dilstošā skaita secībā) — VFR, Francija, Anglija un Šveice, pētījumu programmas izstrādāšanā un iegūto datu analizēšanā piedalījās vēl citu valstu zinātnieki.

Japāņu automātiskā stacija «Suisei» 1986. gada pirmajā ceturksnī ar savu ultravioleto telekameru regulāri uzņēma ūdenraža 1216 Å spektra līnijā Haleja komētas gāzu apvalku, 8. martā

aizlīdodama garām kodolam šķietami drošajā 150 000 km attālumā. Tomēr jau pirms tam šis kosmiskais aparāts piedzīvoja divu palielu daļiņu triecienus, kuri manāmi ietekmēja tā orientāciju, taču ne tik stipri, lai pārtrauktu radiosakarus. Otrā japāņu automātiskā stacija «Sakigake», kā jau bija paredzēts, palidoja garām komētai 7 000 000 km attālumā, tādēļ spēja reģistrēt vienīgi no triecienviļņa rajona nākošos plazmas viļņus.

NOVĒROJUMI AR KOSMISKAJĪEM TELESKOPIEM

Jau 1985. gada 1. aprīlī, kad Haleja komēta vēl atradās gandrīz 5 a. v. no Zemes un tās spožums bija ap 17. zvaigzņlielumu, šo objektu pirmoreiz novēroja no ASV un Rietumeiropas automātiskās orbitālās observatorijas IUE. Sešpadsmit stundas ilgas ekspozīcijas laikā ar pavadoņa 45 cm teleskopu tika iegūta ultravioletā spektrogramma 1150—3200 Å diapazonā, kuras izšķirtspēja bija ap 10 angstrēmu. Vairāk vai mazāk regulāri Haleja komētas novērojumi no IUE turpinājās līdz 1986. gada jūlijam, gan ar pārtraukumu gada sākumā (līdz 8. martam), kad šis spīdeklis no Zemes un tās tuvākās apkārtnes bija redzams pārāk tuvu Saulei.

1985. gada decembrī, kad Haleja komēta bija nepilnu 1 a. v. no Zemes, tā tika vairākkārt novērota ar PSRS automātiskās orbitālās observatorijas «Astron» 80 cm diametra ultravioleto teleskopu — tika iegūtas spektrogrammas, kuru izšķirtspēja bija ap 35 angstrēmi.*

1986. gada sākumā, kad novērojumi ar IUE teleskopu nebija iespējami, šajā nolūkā tika likts lietā Venēras mākslīgā pavadoņa «Pioneer-Venus-1» jeb PVO ultravioletais spektrometrs (šā instrumenta optikas pieticīgos izmērus atsvēra atrašanās daudz tuvāk komētai). Desmit nedēļu ilgā periodā (līdz 6. martam) tika regulāri iegūtas spektrogrammas, bet divreiz (feb-

* Sk. rakstu ««Astron» novēro komētu» 41. lpp.

ruāra sākumā un beigās), izmantojot kosmiskā aparāta rotāciju ap garenasi un pakāpeniski mainot ass orientāciju, no šā instrumenta mērījumiem tika izveidoti Haleja komētas udeņraža koronas attēli (sk. krāsu ielikuma 3. lpp.). Ar «Pioneer-Venus-1» iegūtie dati jāva secināt, ka

orbītas perihēlija tuvumā ūdens tvaika izdalīšanās no komētas kodola ir ne vien strauja, bet arī visai mainīga: reiz vienas diennakts laikā tā pieauga no 30 t uz 60 t sekundē.

E. M ū k i n s

«ASTRON» NOVĒRO KOMĒTU

Komētu novērošana ultravioletajos staros dod vērtīgu materiālu to gāzu apvalka jeb komas izpētei. Šajā diapazonā atrodas galvenās spektra līnijas hidroksilam — komētu atmosfēru visizplatītākajai molekulai, kura tur rodas, Saules starojuma ietekmē sadaloties ūdens tvaika molekulām. Pēc hidroksila līniju intensitātes iespējams diezgan tiešā veidā aprēķināt komas masu un vielas sadalījumu tajā. Pētot komas uzbūvi pēc citām molekulām, kurām spektra līnijas ir redzamās gaismas diapazonā, turpretī jāņem vērā sarežģīti disociācijas procesi, kuros iejauktas daudzu veidu molekulas.

Haleja komētai 1985. gadā aizvien vairāk tuvojoties Saulei, pavērsās iespēja novērot šo objektu ar padomju orbitālās astrofizikālās observatorijas — pavadona «Astron» — 80 cm diametra ultravioleto teleskopu. Taču izpētes seansu sarīkošanai bija nepieciešams, lai komētas ceļš pa debess sfēru ietu tuvu garām (desmitiem loka minūšu attālumā) pietiekami spožai zvaigznei, kuru varētu izmantot teleskopa gidēšanai. Bez tam bija jāieklaujas uzreiz vairākos ierobežojumos, kurus diktēja kosmiskā aparāta bortsistēmu īpatnības un tā radiorezāmības apstākļi sakaru stacijās.

Situācijas analīze rādīja, ka 1985. gadā ir tikai divi periodi, kad Haleja komētu principā varētu pētīt no orbitālās observatorijas «Astron», — viens aprīlī, otrs decembrī. Divi aprīlī sarīkotie novērošanas seansi pozitīvu rezultātu nedeva, jo komēta šajā laikā bija vēl pārāk vāja — ap 17. zvaigzņlielumu. Toties 1985. gada decembrī Haleja komēta tika ar

panākumiem pētīta no pavadona «Astron» veselas piecas reizes: trīsreiz — kodola apkaime un divreiz — attālākas komas un astes daļas. Visos novērojumos tika izmantota spektrometra platākā izejas sprauga, un spektrālā izšķirtspēja reāli bija ap 35 angstrēmi.

Pētījumu laikā ultravioletā teleskopa ass virziens tika stabilizēts pēc atbalsta zvaigznes, un samērā tuvā komēta kustējās instrumenta redzeslaukā ar prāvu ātrumu, proti, 2—6 loka sekundes minūtē. Tādēļ tika veikti divu veidu novērojumi: pirmais — visa 1500—3500 Å diapazona skenēšana īsā laiksprīdī ar nolūku reģistrēt komētas spektru, otrais — ilgstoša novērošana hidroksila 3085 Å līnijā ar mērķi noteikt kodola apkaimes fotometrisko šķērsgrīzumu. Visā pētījumu periodā tika iegūts ap simt Haleja komētas ultravioleto spektrogrammu; tās tika apstrādātas Krimas Astrofizikas observatorijā.

Haleja komētas spektra raksturs trīs nedēļas ilgajā novērojumu periodā būtiski neizmainījās: dažādu emisijas līniju relatīvā intensitāte palika tāda pati, vienīgi apmēram trīs reizes pieauga to absolūtais spožums. Spektra galvenā detaļa bija hidroksila 3085 Å līnija, kurā koncentrētas apmēram trīs ceturtdaļas komētas starojuma 1500—3500 Å diapazonā. Visumā Haleja komētas ultravioletais spektrs atgādināja Bredfīda komētas spektru, kādu to 1980. gadā bija reģistrējis ASV un Rietumeiropas orbitālās observatorijas IUE teleskops.

(Pēc žurnāla «Kosmičeskije issledovanija» materiāliem)

PAR «CHALLENGER» KATASTROFAS CĒLOŅIEM

Kā jau ziņojām,* notikumu virkne, kuras galarezultātā ceļā uz orbītu avarēja amerikāņu kosmoplāns «Challenger», sākās ar spraugas rašanos labā starta paātrinātāja korpusā, konkrēti, tā abu apakšējo sekciju savienojuma vietā (att.). Šādu secinājumu jau nedēļu pēc kosmoplāna bojāejas ļāva izvirzīt katastrofas foto, kino un televīzijas uzņēmumu, kā arī pirms sprādziena saņemto telemetrijas datu analīze, bet pēc trijiem mēnešiem to pilnībā apstiprināja no okeāna izcelto paātrinātāja atlūzu apskate. Sprauga acīmredzot bija izveidojusies, plīstot gan galvenajai, gan dublējošajai grezdenveida blīvei, kādas tiek ievietotas (katru reizi jaunas) starp paātrinātāja blakusekcijām raķešdzinēja kārtējās samontēšanas gaitā. Vēl pēc mēneša speciāla komisija, kuru «Challenger» katastrofas apstākļu izmeklēšanai ārpus NASA ietvariem bija norīkojis ASV prezidents,** savā oficiālajā atskaitē ziņoja, ka par liktenīgā bojājuma cēloni atzīstama sekciju savienojuma konstrukcijas nepilnība kombinācijā ar pārāk zemo temperatūru starta brīdī.

Savienojuma konstrukcijas nepilnīgums, kā secinājusi minētā komisija, bija izpaudies jau agrāk, proti, vairāk nekā desmit gadījumos blīves materiāls bija piedzīvojis neparedzēti stipru eroziju raķešdzinēja karsto gāzu ietekmē. Taču NASA, uzskatīdama anomālo nodilumu par nebūtisku un paļaudamās uz to, ka visas blīves ir dublētas, atzina šos starpgadījumus par lidojuma drošību neapdraudošiem un nepievērsa savienojumu problēmai vajadzīgo uzmanību. Proti, netika nedz ieviestas kādas izmaiņas savienojumu konstrukcijā, nedz uzstādīti

papildu sensori šo mezglu pastiprinātai kontrolēšanai lidojuma laikā.

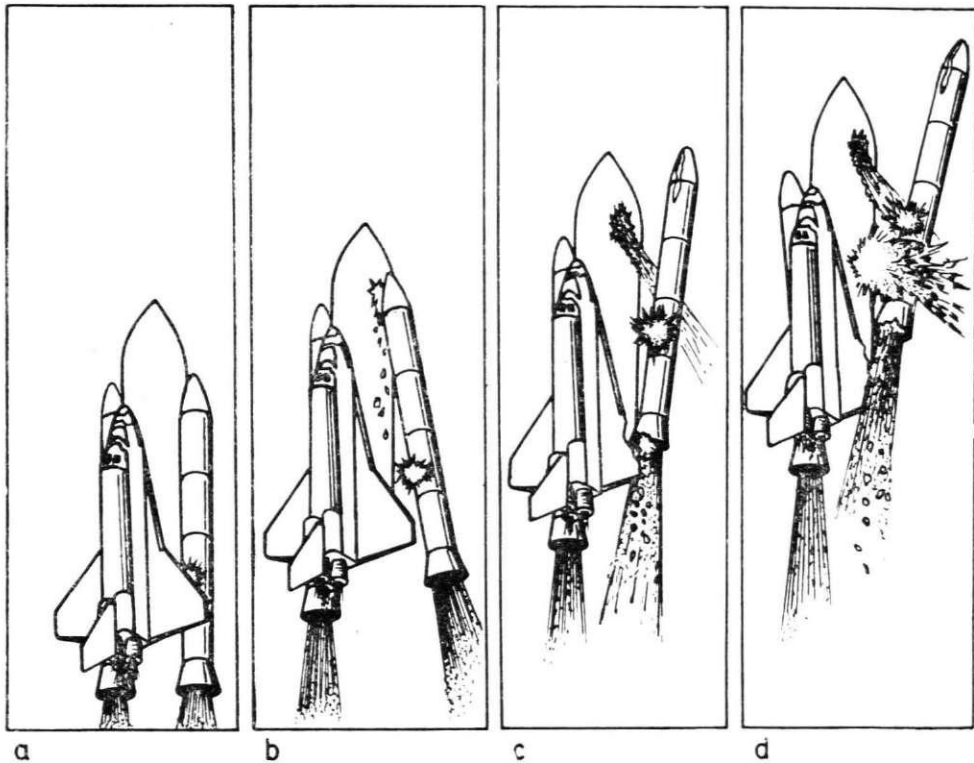
Gaisa temperatūra «Challenger» pēdējā starta rītā bija Kanaveralas zemesragam (Floridas štats) neparasti zema — ap nulli, bet labā paātrinātāja apakšdaļa, kura tobrīd atradās pa vējam no stipri aukstās kosmoplāna ārējās degvielas tvertnes, bija atdzisusi līdz apmēram -10°C (pēc NASA datiem — līdz -7°C , pēc dažām citām ziņām — līdz -13°C). Uz sintētiskā kaučuka bāzes veidotais materiāls aukstumā bija kļuvis trausls un starta brīdī, spēji pieaugot mehāniskajai slodzei, saplaisājis vietā, kur spraugums ir vislielākais, — pie paātrinātāja un ārējās degvielas tvertnes sastiprinājuma. Lidojuma sākumā viss norisinājies normāli, bet pēc tam cauri sadrupušajai blīvei ārējās degvielas tvertnes virzienā izlauzusies raķešdzinēja karsto gāzu strūkļa. (Jāpiebilst, ka dažas detaļas nupat izklāstītājā notikumu virknē pēc savāktajiem faktiem gan nav gluži viennozīmīgi restaurējamas, tātad patiesībā varbūt arī notika mazliet citādi.)

Tādējādi «Challenger» liktenīgajā lidojumā savienojuma blīves cietušas, pēc visām pazīmēm spriežot, cita fizikālā procesa rezultātā nekā agrāk reģistrētajos bojājumu gadījumos. Taču starta paātrinātājus ražojošās firmas «Morton Thiokol» speciālisti, kā noskaidrojies izmeklēšanas gaitā, par blīvju aukstumneizturību zinājuši un pieprasījuši atlikt kosmoplāna palaišanu līdz brīdim, kad gaisa temperatūra būs vismaz $+11^{\circ}\text{C}$. Tomēr gan paātrinātāju lietas pārzinošais NASA darbinieks, gan firmas vadība (daļēji acīmredzot viņa ietekmē) šo aicinājumu ignorējuši un ziņojuši lidojuma vadītājiem par savu piekrišanu startam. (Pie reizes atklājies, ka līdzīgi gadījumi lidojuma drošību skarošas informācijas nodošanā un atbildīgu lēmumu pieņemšanā bijuši jau agrāk.) Nekādus pierādījumus, ka NASA būtu steidzināta palaist «Challenger» tieši 28. janvāra rītā, komisija nav atradusi.

Tā kā katastrofā kaut vai daļēji vainojama būtiska konstrukcijas nepilnība (nevis ražošanas defekts kā šķīta sākumā), «Space Shuttle»

* Sk. M ū k i n s E. Kosmoplāna «Challenger» katastrofa. — Zvaigžņotā Debess, 1986. gada rudens, 31.—37. lpp. (precizējums — 1986./87. gada ziema, 33. lpp.).

** Komisijas priekšsēdētājs — kādreizējais ASV valsts sekretārs Viljams Rodžerss, vicepriekšsēdētājs — bijušais kosmonauts (vēlāk augstskolas pasniedzējs) Nīls Ārmstrongs, locekļi — kosmonaute Sallija Raida, fiziķis Ričards Feinmens un deviņas citas personas.



«Challenger» katastrofas norise (laiks — sekundēs kopš pacelšanās mirkļa):

- 0,445 — labā starta paātrinātāja apakšējo sekciju savienojuma rajonā parādās (vēlāk izzūd) neliels melnu dūmu mākonītis — ir bojāta savienojuma blīve;
- 59,249 — blīve vienā pusē plīsusi, no savienojuma vietas pret ārējo degvielas tvertni izšaujas raķešdzinēja karsto gāzu strūkļa (*a*);
- 60,164 — gāzu strūkļa pastiprinās, tiek reģistrēta (taču atzīta par pieļaujamu) paātrinātāja vilces krišanās par ~5%;
- 62,484 — paātrinātāju vilces asimetrija tiek automātiski kompensēta, atbilstoši pagriežot to sprauslas un divus galvenos dzinējus;
- 72,141 — tiek reģistrēts stiprs grūdiens — labais paātrinātājs izrāvies no pārdegušā aizmugurējā stiprinājuma;
- 72,201 — paātrinātājam griežoties ap priekšējo stiprinājumu, tā priekšgals ietriecas ārējā degvielas tvertnē, no turienes sāk izplūst šķidrā skābekļa (*b*);
- 72,281 — izrauts arī priekšējais stiprinājums, paātrinātāja pakalgalis sadrēgā orbitālās lidmašīnas spārna galu (*c*);
- 72,884 — tiek reģistrēta spiediena krišanās šķidrā skābekļa padeves maģistrālē;
- 73,175 — šķidrā skābekļa izplūde kļūst tik intensīva, ka pamanāma arī vizuāli;
- 73,200 — uzliesmojums zem orbitālās lidmašīnas priekšgala — ūdeņradis sajaucies ar izplūdušo skābekli un aizdedzies;
- 73,226 — ūdeņraža un skābekļa eksplozija ārējās degvielas tvertnes vidusdaļā, iepretim labajam starta paātrinātājam (*d*);
- 73,339 — šķidrā skābekļa nepietiekamās padeves dēļ degšanas režīms visos trijos galvenajos dzinējos kļūst nestabils, skābekļa turbosūkņi uzņem maksimālos apgriezienus;
- 73,534 — nenormālā degšanas režīma dēļ viens galvenais dzinējs automātiski izslēdzas;
- 73,605 — datu pārraides beigas.

ekspluatācija varēs atsākties (pretēji sākotnējām prognozēm) tikai pēc ilga pārtraukuma, visticamāk — 1988. gada pirmajā ceturksnī. Turklāt kosmoplānu pārbaude un tehniskā apkošana lidojumu starplaikos turpmāk būs krietni pamatīgāka un līdz ar to arī ilgāka nekā pirms katastrofas, tādēļ pirmajā gadā pēc pārtraukuma, domājams, notiks tikai kādi seši lidojumi (agrāk šim periodam bija plānoti 24 reisi gadā). Jaunais kosmoplāns, ko 1987. gadā jā-sāk būvēt bojā gājušā «Challenger» vietā, samērā skopā ikgadējā finansējuma dēļ varēs būt gatavs tikai 1991. gadā un reāli stāsies ekspluatācijā acīmredzot 1992. gadā.

Šādā situācijā turpināt visa amerikāņu kosmosa transporta pārorientēšanu no vienreiz izmantojamām nesējraķetēm uz daudzkārt izmantojamajiem «Space Shuttle» tipa kosmoplāniem, protams, nav iespējams. Tādēļ 1986. gada augustā ASV tika oficiāli nolemts nākotnē vairumu komerciālo sakaru pavadoņu palaist tāpat kā senāk, ar parastajām raķetēm, bet kosmoplānus izmantot pamatos zinātnisko un militāro kravu pārvadāšanai, tas ir, transportoperācijām, kurās visbiežāk vēlama cilvēka tieša līdzdalība.

E. M ū k i n s



ASTRONOMIJAS PIRMSĀKUMI ARMĒNIJĀ

ZENTA
ALKSNE

Arheoastronomiski atklājumi Armēnijas PSR teritorijā liecina par agrīnu astronomijas attīstību šajā zemē. Debess spīdekļu novērošanas laukumos iegūtās zināšanas iemūžinātas klinšu zīmējumos.

Āzijas rietumi — ne tikai Divupes zemiene, bet arī Armēnijas kalniene, kas plešas tagadējā Turcijā, Irānā un PSRS Aizkaukāzā, — pieder pie civilizācijas tapšanas areāla.

Pēc jaunākajām valodnieku atziņām, tieši Armēnijas kalnienē un Mezopotāmijs ziemeļos 4. gt. p. m. ē. dzīvojuši un veidojuši savu kultūru cilvēki, kas piederēja pie tolaik vēl nesadalītās indoeiropiešu tautu saimes. Vēlāk atsevišķas tautas nonāca dažādos Rietumeiropas un Austrumeiropas, kā arī Āzijas apgabalos. Armēņi, kas arī pieder pie indoeiropiešiem, praktiski palika savās izsenis apdzīvotajās vietās.

«Zvaigžņotajā Debēsī» jau rakstīts par astronomijas pirmsākumiem dažādās vietās Eiropā, skarot arī pirmsindoeiropiešu laikus. Ieskatu par astronomijas zināšanām kādreizējās Mezopotāmijs zemēs, kur svarīga loma bija semītu tautām, sniedzis J. Klētnieks.¹ Šķiet, pienācis laiks papildināt šos datus ar ziņām par seno astronomiju Armēnijas kalnienē, tieši tagadējā Armēnijas PSR teritorijā.

Armēnijas PSR atrodas Armēnijas kalnienes ziemeļaustrumos. Lielākā daļa tās teritorijas sniedzas vairāk nekā 1000 m augstumā virs jūras līmeņa. Ielejas mijas ar plakankal-

nēm un kalnu grēdām. Teritorija apdzīvota kopš paleolīta, lopkopības un zemkopības rašanās attiecināma uz 4.—3. gadu tūkstoši pirms mūsu ēras. Vēl agrāk attīstījusies metalurģija, kuras tapšanu veicināja bagātas vara, zelta un dzelzs rūdu atradnes. Tieši ļoti agrā metalurģijas attīstība varētu būt tā, kas lika pamatus šīs zemes pirmiedzīvotāju uzplaukumam. Saimnieciskā darbība radīja prasību pēc zinātņu, to vidū astronomijas, attīstības.

Aplūkojamo teritoriju senarmēņi apdzīvojuši kopš 5.—4. gt. p. m. ē., bet tikai 9. gs. p. m. ē., apvienojoties atsevišķām kalnu ciltnēm, izveidojās pirmā valsts — Urartu, kas gan drīz saira. Armēņu valsts tapa 6. gs. sākumā p. m. ē., un tās turpmākā vēsture izrādījās ļoti sarežģīta. Neraugoties uz nepārtrauktām smagām cīņām ar visdažādākajiem iebrucējiem un karos neizbēgamajiem postījumiem, Armēnijā saglabājušās liecības par ļoti agrīniem astronomijas attīstības posmiem.

Ziņas par atklājumiem, kas saistīti ar seno astronomiju Armēnijā, parādījās mūsu gadsimta 60. gados. No B. Tumanjana disertācijas² uzzinām, ka Armēnijas PSR ziemeļdaļā izrakumos atrasta josta ar Saules, Mēness, dažādu ģeometrisku figūru un dzīvnieku attē-

¹ Klētnieks J. Babiloniešu senākie Haleja komētas novērojumi. — Zvaigžņotā Debess, 1986. gada pavasaris, 41.—47. lpp.

² Туманян Б. Е. История армянской астрономии (с древних времен до 1920 г.). Автореф. дис. на соиск. учен. степ. д-ра физ.-мат. наук. Ереван, 1969.

liem. Josta darināta un lietota 2. gt. beigās vai 1. gt. sākumā pirms mūsu ēras. Tās ornamentu salīdzinājums ar citu tuvējo tautu tālaika kalendāriem un senamēņu rakstiem (Urartu valstī pastāvējusi rakstība) parādījis, ka tie attēlots Mēness kalendārs. Gads sastāvējis no trim gadalaikiem — ik pa četriem Mēness mēnešiem. Gada sākumu izziņojuši priesteri, viņi arī laiku pa laikam pievienojuši gadam lieku mēnesi, lai saskaņotu šo kalendāru ar Saules kustību. Ap 1. gt. p. m. ē. vidū Armēnijā ieviests Saules kalendārs.

Neapšaubāmi, ka kalendāra izstrādāšanai un saskaņošanai ar dabas parādībām bija nepieciešami debess novērojumi. Un, lūk, tajos pašos mūsu gadsimta 60. gados atklāja arī senus astronomiskās novērošanas laukumus Mecamorā, kura atrodas tāda paša nosaukuma upes krastā 30 km uz rietumiem no Erevānas. Mecamoras apmetne bijusi apdzīvota jau kopš 3. gt. p. m. ē. sākuma, tur atradies viens no senās metalurģijas centriem.

Blakus galvenajam Mecamoras pakalnam, tikai 200 m attālumā no tā, slejas Mazā kalna klinšu grupa. Uz kādas šis klinčs K. Mkrtčjans bija pamanījis iespējamās zvaigžņu zīmes un pievērsis tām astronomes E. Parsamjans uzmanību. 1985. gadā Armēnijas PSR ZA Bjurakanas observatorijas vecākā zinātniskā līdzstrādāniece fizikas un matemātikas zinātni doktore E. Parsamjana publicēja savu pētījumu rezultātus.³

Izrādījās, ka Mecamoras Mazajā kalnā trijās nelielās klinšu smailēs, kas samērā labi saglabājušās, varētu būt pastāvējuši mākslīgi veidoti debess novērošanas laukumi.

Divi laukumi ir līdzīgi viens otram. Interesantākais no tiem ierīkots trīsstūra formas klinčī, kuras šaurākais stūris vērsts uz dienvidiem (1. att.). Stūra bisektrise samērā precīzi rāda ziemeļu—dienvidu virzienu. Laukuma austrumdaļā atrodas 40×50 cm liela trapecē ar iekaltām zvaigžņu zīmēm. Pēc E. Parsam-

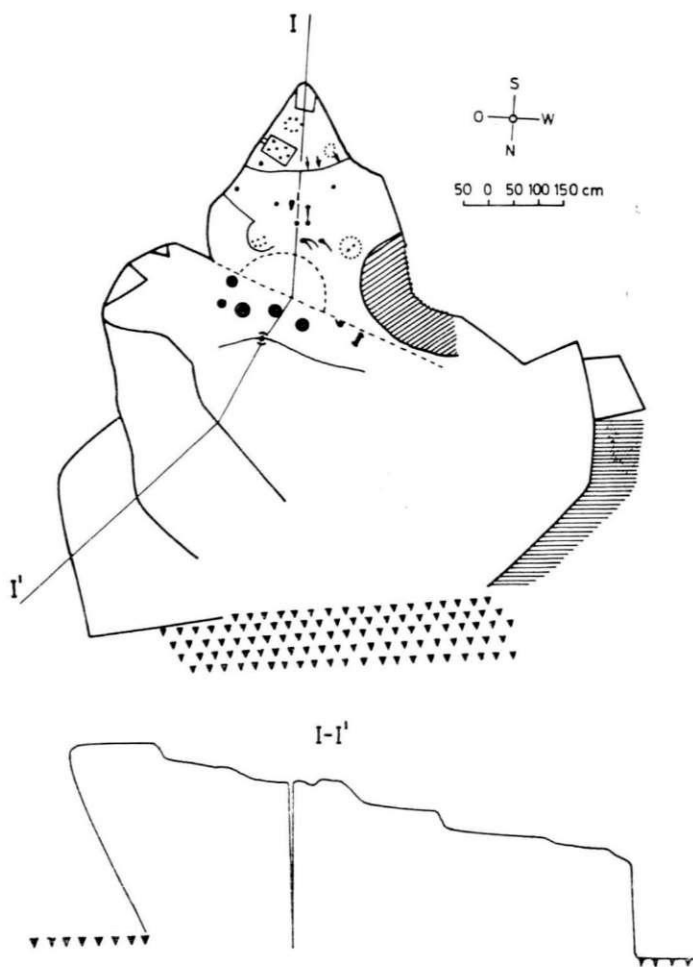
janas domām, trapeces klātbūtne varētu būt nejauša tad, ja tā atrastos laukuma centrālajā daļā. Trapeces novietojums tieši austrumu maļā norāda, ka tā kalpojusi Saules vai kādas spožas zvaigznes lēkta novērojumiem. Tā kā trapecē redzamas starainas zvaigžņu zīmes⁴, tad, visticamāk, te novērota kāda zvaigzne, bet kura?

Lai rastu atbildi, E. Parsamjana izmērija azimutu klintī iecirstam trapeces augstumam, kas to daļa puslīdz vienādās daļās. Azimuts izrādījās $298^{\circ} \pm 2$ grādi. E. Parsamjana izskaitļoja, ka šajā virzienā lecošās zvaigznes deklinācija ir aptuveni -21 grāds. Tāda deklinācija ir bijusi Siriusam (Lielā Suņa α , zvaigžņlielums: $-1,58$) ap 2600. gadu, Rigelam (Oriona β , 0,34) ap 2100. gadu un Mirzamam (Lielā Suņa β , 1,99) ap 1000. gadu pirms mūsu ēras. Par īpaši svarīgu faktu pētniece uzskata to, ka šo zvaigžņu vidū ir Sīriuss. Pēc viņas aprēķiniem, 2800.—2600. g. p. m. ē. vasaras saulgriežos Mecamorā izcili spožais Sīriuss lēca isi pirms Saules lēkta. Nebūtu brīnums, ja šo zvaigzni, kuras lēkts no Mecamoras klintīm, jādama, izskatījās visai krāšņs, kalniešu ciltis būtu pielūgušas. Nav izslēgts, ka Sīriusa novērojumi izmantoti laika atskaitē. Laikmets, kad Sīriusa lēkts bijis novērojams austošās Saules blāzmā, labi saskan ar arheoloģijas datiem par Mecamoras apmetnes vecumu.

Uz trešo varbūtējo novērošanas laukumu Mecamorā ved klintī izkalti septiņi pakāpieni (2. att.). Ļoti svarīgs ir pakāpienu ziemeļu—dienvidu virziens kā optimālais pat visvienkāršāko novērojumu veikšanai. Kāpnes neatrodas precīzi meridiāna plaknē, tāpēc pašā augšējā pakāpienā īpaši izcirstas zīmes rāda dienvidu, austrumu un ziemeļu virzienu. Tas apstiprina domu, ka augšējais laukums nodevējis spidekļu novērošanai, turklāt tas bijis ļoti izdevīgs laukums, no kura brīvi atklājies viss dienvidu apvārnis.

³ Парсамян Э. С. Об астрономическом значении Малого Мецаморского холма. — Сообщ. Бюраканской обс., 1985, вып. 57, с. 92—100.

⁴ Trapeces attēls dots rakstā Парсамян Э. С., Мкртчян К. А. О возможном астрономическом назначении одной из площадок, обнаруженных в Мецаморе (Армения). — Историко-астрономические исследования, 1969, вып. 10, с. 35.



I. att. Mecamoras Mazā kalna pirmā novērošanas laukuma plāns.

1985. gadā E. Parsamjana īsumā ziņoja⁵ par vēl vienu ievēribas cienīgu arheoloģisku objektu Armēnijā, kas varētu būt saistīts ar spīdekļu novērošanu. Tas ir pavisam cita veida objekts nekā iepriekš aplūkotie klinšu laukumi. Runa ir par vertikāli nostatītu milzīgu akmeņu riņķiem pie Angelakotas ciema augstu Zangezuras kalnos. Daži akmeņi ir vairāk nekā 2 m augsti. Lielākā riņķa diametrs pār-

sniedz 30 metrus. Vietējiem iedzīvotājiem šie veidojumi, protams, ir sen pazīstami; tie saukti par «akmens karaspēku». Arheologi riņķu veidošanu attiecina uz 2. gadu tūkstoši pirms mūsu ēras.

Kā atzīst E. Parsamjana, Angelakotas riņķi apbrīnojami atgādina sen pazīstamos akmeņu veidojumus Britu salās.⁶ Līdzību vēl palielina

⁵ Парсамян Э. С. О возможном астрономическом назначении мегалитических колец Ангелакота. — Сообщ. Бюраканской обл., 1985, вып. 57, с. 101—103.

⁶ Sk.: Alksne Z. Stounhendža — akmens laikmeta observatorija? — Zvaigžņotā Debess, 1984. gada pavasaris, 9.—12. lpp.; Вуд Дж. Солнце, Луна и древние камни. М., 1981. 268 с.



2. att. Skats uz Mecamoras Mazā kalna trešā novērošanas laukuma kāpnēm. E. Parsamjanas fotouzņēmums.

tas, ka Angelakotā starp riņķiem izlikta arī akmeņu aleja, kādu Anglijā ir ļoti daudz. Par izcilāko megalītisko veidojumu Anglijā — Stounhendžu — vairs nav šaubu, ka tas izmantots dažādiem astronomiskajiem novērojumiem, pirmām kārtām vasaras un ziemas saulgriežu noteikšanai. Šī observatorija darbojusies no 3. gt. sākuma vismaz līdz 2. gt. vidum pirms mūsu ēras. Kaut arī vēl dažos citos veidojumos it kā atklāti un tiek pētīti astronomiski nozīmīgi virzieni, tomēr vairums akmens vaļņu, riņķu un aleju Britu salās, šķiet, ir kulta celtņu atliekas.

Vai Angelakotas akmeņu riņķi kalpojuši debess spīdekļu novērošanai? Iespējams, jo dažos akmeņos, kas vērsti uz austrumiem, ir apaļi, ļoti apstrādāti caurumi. E. Parsamjana tagad pārbauda to noderību Saules novērojumiem saulgriežu un ekvinokciju dienās. Šā raksta autori bija izdevība pārrunāt ar E. Parsamjanu dažādus arheoastronomijas

jautājumus 1985. gada septembrī Jūrmalā, kur armēņu zinātniece bija ieradusies tieši no Zangezuras kalniem, jo iepriekšējā dienā bija veikusi kārtējos novērojumus Angelakotā. Diemžēl novērojumu vēl ir pārāk maz, lai gūtu stingru pārliecību, ka Angelakotas akmens riņķi bijuši paredzēti spīdekļu novērošanai.

Seno armēņu astronomi ne tikai novērojuši debess spīdekļus, bet arī atstājuši savu zināšanu pierakstus klinšu zīmējumu veidā. S. Petrosjans atradis bagātu zīmējumu kolekciju Gegamas kalnu grēdā. Spriežot pēc šiem zīmējumiem, armēņu astronomi tur skatījuši Lauvas, Skorpiona, Strēlnieka un citu zvaigznāju attēlus, kompozīciju, kas sastāv no Saules, Mēness un piecu ar neapbruņotu aci redzamo planētu zīmēm, varbūtēju Mēness kalendāru, kā arī citus interesantus zīmējumus. Par šiem atklājumiem Bjurakanas observatorijā tiek gatavots plašs pārskats.

MAIŅZVAIGZNES UN PALEOASTRONOMIJA

HEINO
ELSALU

Debess ziemelpuslodē ir zvaigznes, kuru spožuma maiņa nevarēja nepiesaistīt debess novērotāju uzmanību jau senatnē. Tāpēc nav izslēgts, ka astrofolklorā satur norādes arī par dažām raksturīgākajām maiņzvaigznēm.

Spožo maiņzvaigžņu pie debess nav daudz. Varam atrast tikai kādu duci zvaigžņu,¹ kuru vizuālais zvaigžņlielums maksimāli nepārsniedz $4^m,0$ un kuras periodiski maina savu spožumu vismaz par $0^m,5$. To vidū ir arī zvaigznes, kas no paleoastronomijas viedokļa ir neinteresanti objekti, turpreti astrofizikāli ir ļoti interesantas. Tāda zvaigzne, piemēram, ir aptumsuma maiņzvaigzne Vēdēja ϵ , kuras spožums mainās diapazonā no $3^m,4$ līdz $4^m,2$ un kuru ik pēc 27 gadiem aizklāj milzīga, gāzes apvalkā tita pavadoņzvaigzne, tāpēc tās aptumšošanās ilgst divus gadus.

Cita spoža zvaigzne ir Perseja β jeb Algols — arī aptumsuma maiņzvaigzne. Liekas, tā bijusi slavena jau pirms daudziem tūkstošiem gadu sakarā ar isperiodiskām (ap 3^d) spožuma izmaiņām no 2^m līdz $3^m,5$. Senatnē Algolu dēvēja par dēmonisku zvaigzni. Tās nosaukums arābu valodā nozīmē «jaunus jokus dzenošā», un astrologi to uzskatīja par vissliktāko zvaigzni — tiešu nelaiemes vēstnesi. Perseja zvaigznājā atrodas arī dzeltena fizikālā maiņzvaigzne — Perseja ρ , kuras spožums mainās no $3^m,3$ līdz $4^m,1$, periods — ap 50^d .

Cefeja zvaigznājā ir divas spožas fizikālās maiņzvaigznes — Cefeja δ un Cefeja μ . Apmēram pirms 26 tūkstošiem gadu debess ziemelpols atradās šā zvaigznāja apgabalā un šķērsoja to seštūkstoš gados. Pirms 23 tūkstošiem gadu pils bija pārvietojies zvaigznes δ Cep tuvumā un atradās 2° no tās. Šis zvaigznes spožuma maiņa jau tolaik nevarēja palikt neievērota. Kopā ar tuvākajām spožajām zvaigznēm un Piena Ceļa apgabalu tā veido

mitiskā Etiopijas valdnieka Cefeja kronēto galvu.

δ Cep ir klasiska cefeida, tās vārdā nosaukts vesels maiņzvaigžņu tips. δ Cep sastāv no divām zvaigznēm. Pastāvīgā komponenta zvaigžņlielums ir $7^m,5$, bet otra komponenta zvaigžņlielums mainās robežās no $3^m,48$ līdz $4^m,37$. Spožuma maiņas periods — $5^d,37$. Turpreti μ Cep ir pusregulāri mainīgs pārmilzis (no $3^m,43$ līdz $5^m,1$; periods — 730^d).

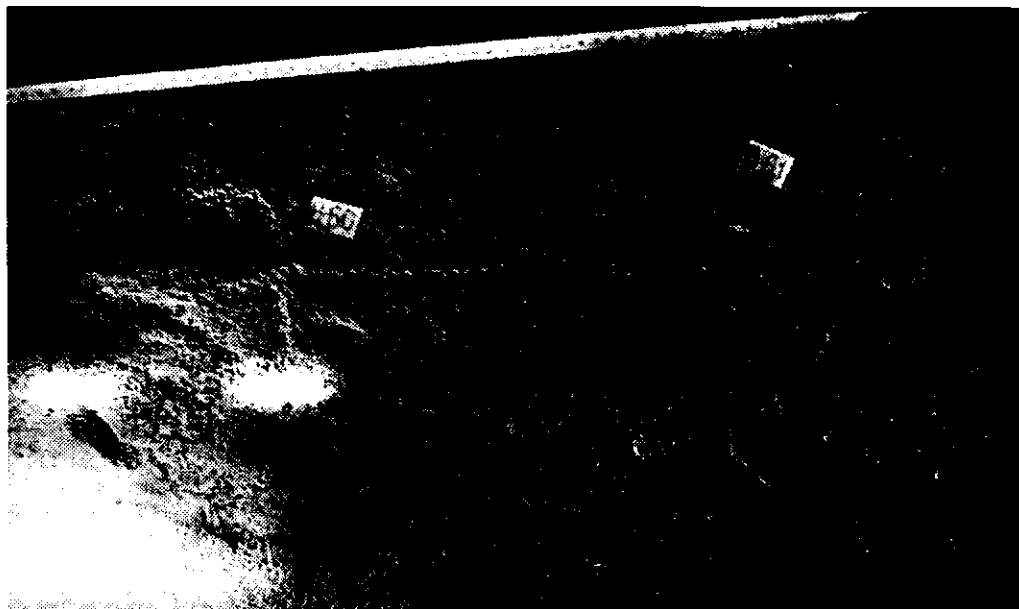
Trīs spožas maiņzvaigznes atrodas arī Gulbja un Liras zvaigznājā — sarkana pusregulāra maiņzvaigzne Liras R, aptumsuma maiņzvaigzne Liras β un ilgperioda maiņzvaigzne Gulbja γ . Pirms 15 tūkstošiem gadu debess ziemelpols atradās mazāk nekā 2° no R Lyr. Tāpēc R Lyr tolaik bija novērojama kā polārzvaigzne. Lai gan šis zvaigznes spožuma maiņa ir samērā neliela (no $4^m,0$ līdz $4^m,8$), to nevarēja nepamanīt. Arī β Lyr spožuma maiņas amplitūda ir niecīga (no $3^m,4$ līdz $4^m,3$), taču šī zvaigzne ietilpst raksturīgajā Liras zvaigznāja konfigurācijā, tāpēc tās spožums bija viegli salīdzināms ar blakusesošajām zvaigznēm. Iespējams arī, ka tieši β Lyr spožuma maiņa rosinājusi piešķirt tādu nosaukumu zvaigznājam.

Sarkanajai zvaigznei Gulbja γ , kas zvaigžņu atlantos tiek attēlota uz gulbja kakla, ir samērā plašs spožuma maiņas diapazons. Minimuma laikā zvaigzne ar acīm vien nav saredzama. Maksimumā tās spožums vidēji nepārsniedz $4^m,9$, bet dažkārt to novēro arī kā $2^m,5$ spožu zvaigzni.

Paleoastronomijas pētījumos ļoti interesanta maiņzvaigzne ir sarkana zvaigzne Valzivs o jeb Mira.² Zvaigžņu atlantos to attēlo uz Val-

¹ Паренаго П. П., Кукаркин Б. В. Переменные звезды и способы их наблюдения. М., 1948.

² Zvaigznes o Cet jeb Miras pulsācijas teoriju 1936. gadā izstrādājis Tartu universitā-



1. att. Zivs un laiva — Valzivs (8-61) un Andromeda (8-60).

zivs kakla. Miras maksimālais spožums vidēji nepārsniedz $3^{m,4}$, taču novērots absolūtais maksimums $1^{m,5}$. Miras spožuma minimums ($10^{m,1}$) atrodas tālu aiz dabiskās redzes robežas (6^{m}). Dažkārt šī zvaigzne nav redzama arī maksimuma periodā. Domājams, ka šādu debess brīnumu pirmatnējais cilvēks nevarēja nepamanīt. Tad arī varēja rasties doma, ka varbūt citas zvaigznes tāpat maina spožumu.

Folklorā sastopamas dažas norādes par o Cet jeb Miras spožuma maiņu. Tās pirmām kārtām saistītas ar motīvu, ka jūras nezvērs norij kādu vīru un viņš izglābjas ar uguns palīdzību. Šis motīvs ir plaši izplatīts. Dažkārt nezvēra vietā ir valis vai liela zivs. Nesen amerikāņu folklorists F. J. Oinass iztīrājis vairākus piemērus no karēļu un krievu

folkloras.³ Krievu folklorā minēts, ka cilvēks, gribēdams izkļūt brīvībā, aizdedzina uguni valzivs kaklā vai vēderā. Karēļu un somu uztverē nezvērs var būt arī cilvēkveida būtne, miris burvis Andero Vipunens.⁴ «Kalevalas» varonim Veinemeinenam nepieciešami trīs burvju vārdi, lai pabeigtu savas laivas būvi. Tos viņš var iegūt tikai no «zemes guļā iemiģuša» burvja Vipunena. Cīnoties ar Vipunenu, Veinemeinenam viena kāja ieslid burvja mutē, un viņš jūt, ka ievainotie ceļgali sāk karst un degt. Pamatojoties uz citām karēļu rūnām, jau agrāk tika izteikts uzskats, ka asiņojošie Veinemeinenas ceļgali apzīmē o Cet jeb Miru.⁵ Te minētās rūnas paleoastronomiskā interpretācija var apstiprināt šādu uzskatu.

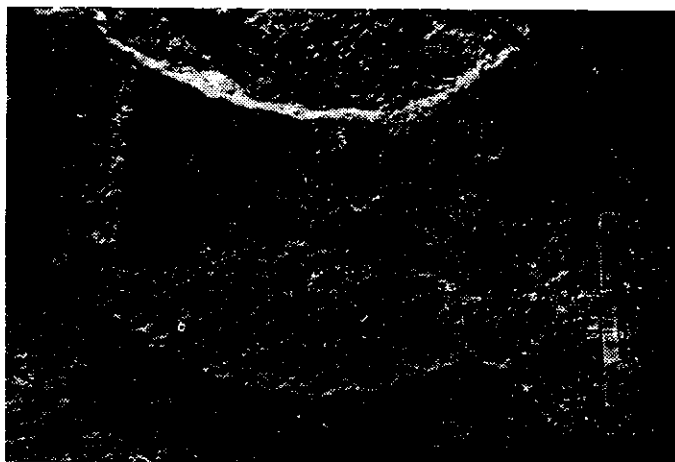
³ Oinass F. J. Studies in finnic folklore. — Indiana University, Uralic and altaic series, 1985. vol. 147.

⁴ Kalevala. Somu tautas epos. Tulkojis L. Laicens, R., 1938. Sk. 17. rūnu, 119.—127. lpp.

⁵ Eelsalu H. Ajastult ajastule. Tallinn, 1985.

tes students Jakobs Gabovičs. («The pulsation theory of Mira Ceti». — Tartu Astr. Obs., 1936, vol. 29, N 3.) Diemžēl Gaboviča prioritāte literatūrā netiek ieverota.

2. att. Zivs un akmens —
Valzivs un Andromedas
miglājs.



Pēdēja laika PSRS ZA Vissavienības Astronomijas un ģeodēzijas biedrības Igaunijas nodaļa ik gadus organizē ekspedīcijas uz Karēliju, lai izpētītu un pārķopētu Ņeegas ezera krastmalas klintis iecirstos attēlus. Ekspedīcijas dalībnieku — V. Poikalainena, P. Tenjes, J. Kestlanes u. c. — iegūtājās klinšu iecirtuma kopijās bieži vien figurē kāda liela zivs. No zivs parasti stiepjas vertikāls stars, ko var uzskatīt par ugunīgās Miras «dūmu grīstes» attēlojumu. Interpretējot klinšu iecirtumos redzamo zivi kā Valzivs zvaigznāju, ir jāņem arī vērā, ka Andromedas zvaigžņu grupa karēļu folklorā tiek tēlota kā laiva vai laivu rinda.⁶ Baltu folklorā turpreti Andromedas miglāju tēlo kā akmeni.⁷ Savukārt no sengrieķu mitoloģijas zināms, ka jūras nezvērs Cetus, kurš grib saplosīt Andromedu, valdnieka Cefeja un viņa sievas Kasiopejas daļo meitu, pats pārvērsas akmeni, tiklīdz grieķu varonis Persejs pret viņu pavērs nogalinātās gorgonas Medūzas galvu. Ņeegas ezera klinšu iecirtumos viss tas guvis reālu atspoguļojumu. Klinšu iecirtumos ir redzami gan zivs

un laiva — Valzivs un Andromedas zvaigznāji (1. att.), gan zivs un akmens — Valzivs un Andromedas miglājs (2. att.), gan arī zivs un Persejs (3. att.).

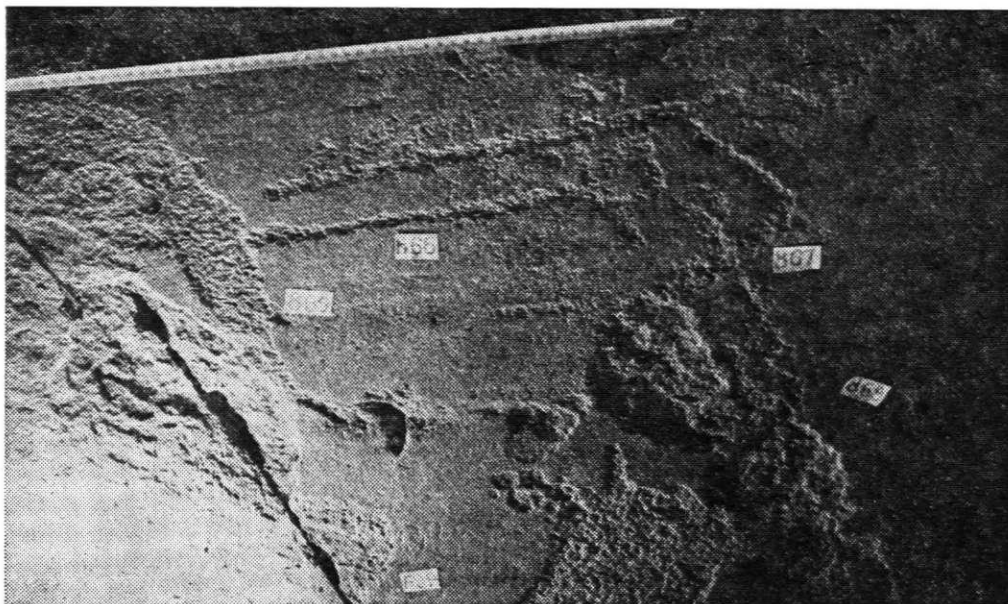
Paleoastronomus interesē norades ne vien par zvaigžņu spožuma maiņu, bet arī par krāsas izmaiņām. Piemēram, Algolu, kas ir balta zvaigzne, arābu astronoms As Sūfi raksturojis kā sarkanu. Arī Atēnu observatorijas direktors Jūlijs Smitšs piemin, ka viņš 1841. gadā novērojis sarkanās krāsas Algolu.⁸ Pie krāsu mainošam zvaigznēm zināmā mērā pieskaitāms arī Sīriuss — visspožākā no mums redzamajām zvaigznēm. Tās zvaigžņlielums ir $-1^m,4$. Baltās krāsas zvaigzne Sīriuss īstenībā ir dubultzvaigzne, kuras spožumu galvenokārt nosaka tās spožākais komponents. Jau pagājušajā gadsimtā dzīvi tika diskutēts jautājums, vai Sīriuss kādreiz nav spīdējis sarkanā krāsā. Tagad, šķiet, šis jautājums guvis viennozīmīgu pozitīvu atbildi.⁹ Ir zināms, piemēram, ka ro-

⁶ Eelsalu H. Andromeeda lāhtikuju tivi-
aja vaatlus protokollides. — Eesti Loodus,
1986. N 3.

⁷ Klētņieks J. Seno latviešu zvaigžņu
dievības. — Zvaigžņotā Debess, 1985. gada
vasara, 11., 12. lpp.

⁸ Allen R. H. Star names. Their lore and
meaning. London, 1899.

⁹ Schlosser W., Bergmann W. An
early-medieval account on the red colour of
Sirius and its astrophysical implications. —
Nature, 1985, vol. 318; sk. arī: Alksne Z.
Kā Sīriuss kļuva balts? — Zvaigžņotā De-
bess, 1983. gada rudens, 8.—10. lpp.



3. att. Zivs (8-65), laiva un Persejs.

miešu zemkopji jau kopš 238. g. p. m. ē. Sīriusa kulta svētkos upurējuši sarkanās lapšas. Vēl mūsu ēras 7. gadsimtā vairāki astronomi min Sīriusu kā sarkanu zvaigzni. Tagad astronomi noskaidrojuši, ka Sīriusa dubultzvaigžņu sistēmas galvenā zvaigzne ir stabila savā attīstībā, bet tās pavadoņzvaigzne ir baltais punduris. Pēc zvaigžņu uzbūves teorijas iznāk, ka sarkanās zvaigznes — sarkanie milži, pazaudējuši savu sarkanīgo gāzu apvalku, pārvēršas baltajos punduros. Tādēļ Sīriusa pavadoņzvaigzne pirms gāzu apvalka pazaudēšanas varēja spīdēt sarkanā krāsā. Summārais zvaigžņlielums varēja būt līdzīgs Venēras zvaigžņlielumam (-4^m), tāpēc Sīriuss bija saskatāms arī dienā. Tiek minēts, ka Sīriusa redzamību dienas laikā it kā apstiprinot babiloniešu astronomiskie avoti. Sarkanie milži ir maiņzvaigznes, tāpēc senatnē Sīriusam bija novērojamas spožuma svārstības.

Nav izslēgts, ka arī latviešu folklorā var mums pastāstīt ko par maiņzvaigznēm. Tautasdziesmās, iespējams, ir minēts par kādas zvaigznes (varbūt Miras?) spožuma un krāsas izmaiņām.¹⁰ Tā kā latviešu folklorā satur priekšstatus par Haleja komētu, Andromedas miglāju un planētu Venēru, tad šādai cerībai ir visai dibināts pamats.

¹⁰ Gauži raud Saulīte
 Ābeļu dārzā,
 Ābelei nokrita
 Zelt' ābolītis.
 Neraudi, Saulīte,
 Dievs dara citu
 No zelta, no vara,
 No sudrabiņa.
 LD 33 781

Sk. arī: Klētnieks J. Astronomiskie priekšstati latviešu tautasdziesmās. — Grām.: Astronomiskais kalendārs 1985. R., 1984, 173., 174. lpp. (Redkol. piez.)



KONSTRUKCIJAS «SĒRKOCIŅU ĢEOMETRIJĀ»

Skolās matemātikas apmācības kursā tiek aplūkoti dažādi konstrukciju uzdevumi — jākonstruē ģeometriskas figūras, lietojot attiecīgus rasēšanas instrumentus. Turklāt ir stingri noteikts, kā katrs instruments izmantojams. Piemēram, ar lineālu var novilkēt 1) brīvi izraudzītu taisni, 2) brīvi izraudzītu taisni, kas iet caur doto punktu, un 3) taisni, kas iet caur diviem dotajiem punktiem. Citas operācijas ar lineālu izpildīt nedrīkst. Piemēram, ja nav īpaši norādīts, ka lineālam ir taisnas, paralēlas malas, tad drīkst izmantot tikai vienu lineāla malu. Ar cirkuli kā ģeometriskās konstruēšanas instrumentu var novilkēt riņķa līniju, ja dots tās centrs un rādiuss.

Bez tam atļauts atrast un turpmākajās konstrukcijās izmantot jau novilkto līniju krustpunktus, ja tādi eksistē.

Viši konstrukciju uzdevumu risinājumi ietver minētās elementārās konstrukcijas dažādās kombinācijās. Varētu teikt, ka katra konstrukcijas uzdevuma risinājums ir programma — algoritms, kas pierakstīts «pusalgoritmiskā» valodā, kuras elementi ir minētās elementārās konstrukcijas ar rasēšanas instrumentiem.

Mainot izmantojamo instrumentu kopu, mainās arī algoritmi, saskaņā ar kuriem var risināt to vai citu uzdevumu; var gadīties, ka dažas konstrukcijas vispār vairs nevar veikt, bet citas, kuras ar iepriekšējo instrumentu kopu nevarēja izdarīt, tagad ir realizējamas.*

* Sk., piemēram, Štupāne M. Ģeometriskās konstrukcijas ar papīra lapas locīšanas palīdzību. — Zvaigžņotā Debess, 1986. gada pavasarī, 49.—54. lpp. un 1986. gada va-

Bez tam pieņemsim, ka, ja par vairākiem punktiem zināms, ka tie atrodas uz vienas taisnes, tad varam noteikt to izvietojuma secību uz šīs taisnes (t. i., pateikt, kurš punkts starp kuriem citiem atrodas).

Kādas konstrukcijas var veikt ar sērkociņiem? Viegli saprast, ka jebkuru ar sērkociņiem veicamu konstrukciju var ar cirkuli un lineālu attēlot uz papīra. Pierādīsim, ka visu, ko var izdarīt ar cirkuli un lineālu, var izdarīt arī ar sērkociņiem. Ievērosim, ka visas ar cirkuli un lineālu veicamās konstrukcijas sastāv no iepriekš aprakstītajām elementārajām konstrukcijām jeb pamatoperācijām. Ar sērkociņiem varēs izpildīt visas tās pašas konstrukcijas, kādas ar cirkuli un lineālu, ja ar sērkociņiem varēs izpildīt visas šīs pamatoperācijas.

Katra konkrētā instrumentu un ar tiem veicamo elementāro konstrukciju kopa prasa izveidot neīelu matemātisku teoriju, lai noskaidrotu, kādas konstrukcijas ar tiem var un kādas nevar veikt.

Mēs aplūkosim konstrukcijas, kurās atļauts izmantot neierobežoti daudz vienāda garuma taisnes nogriežņus. Šos nogriežņus sauksim par sērkociņiem. Par dotajiem punktiem uzskatīsim visus sērkociņu galapunktus un sērkociņu krustpunktus. Pieņemsim, ka iespējams paskatoties pateikt, vai divi punkti A un B sakrīt vienā plaknes punktā vai ne. Par taisni uzskatīsim tā novietotus sērkociņus, ka tie kā taisnes nogriežņi veido nepārtrauktu taisnu līniju; mēs parādīsim konstrukciju, kā šo līniju var turpināt uz abām pusēm.

sara, 52.—58. lpp.; Petersen J. Methods and theories for the solution of problems of geometrical constructions. New York: Chelsea 1980. 102 p.

Ar sērkociņiem būs atļauts izpildīt šādas darbības:

— nolikt sērkociņu patvaļīgā vietā plaknē (1. att.),



1. att.

— paņemt sērkociņu no jebkuras vietas,
— ja divi dotie punkti atrodas tuvāk nekā sērkociņa attālumā, tad var nolikt sērkociņu tā, lai tas iet caur šiem diviem dotajiem punktiem (2. att.),



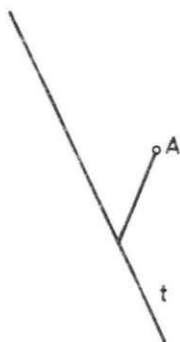
2. att.

— nolikt sērkociņu ar vienu galu punktā A , ar otru galu patvaļīgā punktā, kas atrodas viena sērkociņa garuma attālumā no punkta A (3. att.),



3. att.

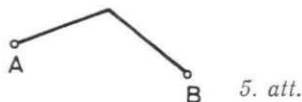
— nolikt sērkociņu ar vienu galu dotajā punktā un ar otru galu uz dotās taisnes (4. att.), ja tas vispār izdarāms,



4. att.

— nolikt pa vienam sērkociņam divos dotajos punktos A un B , ja attālums starp punktiem A un B nepārsniedz divu sērkociņu ga-

rumu, sabīdīt otru galus kopā tā, lai tie sakrīt (5. att.).



5. att.

Tātad ar sērkociņiem jāvar salikt:

- taisni patvaļīgā vietā,
- taisni caur doto punktu,
- taisni caur diviem dotajiem punktiem.

Ar cirkuli var novilkt riņķa līniju. Ar sērkociņiem riņķa līniju, protams, nevarēs novilkt, bet varēs izdarīt to pašu, ko ar cirkuli, ja varēs iegūt tādu pašu informāciju kā no novilkta riņķa līnijas, tas ir:

- par katru plaknes punktu pateikt, vai tas pieder pie plaknes daļas, kas atrodas riņķa līnijas iekšpusē, ārpusē vai uz riņķa līnijas, ja dots riņķa līnijas centrs un rādiuss;
- atlikt nogriežņa garumu uz dotās taisnes no dotā punkta;
- atrast riņķa līnijas krustpunktu ar taisni, ja dots riņķa līnijas centrs un rādiuss;
- atrast divu riņķa līniju krustpunktu, ja doti riņķa līniju centri un rādiusi.

Pierādīsim, ka ar sērkociņiem var izdarīt visas tās pašas konstrukcijas, ko ar cirkuli un lineālu. Visas konstrukcijas sanumurēsim ar romiešu cipariem. Lai konstrukciju apraksti būtu īsāki un pārskatāmāki, tad konstrukcijas, kas tiks izmantotas vairākkārt, aprakstīsim tikai pirmo reizi un pēc tam norādīsim tikai konstrukcijas apraksta numuru.

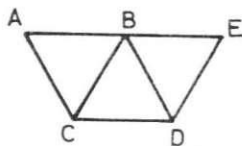
Caur katru plaknē novietotu sērkociņu var novilkt tikai vienu taisni, tāpēc katrs sērkociņš nosaka vienas taisnes virzienu.

I. Taisnes, ko nosaka sērkociņš AB , konstruēšana.

1. Noliec pa sērkociņam ar vienu galu punktos A un B un pagriež tā, lai otri gali sakrīt (6. att. punktā C); veidojas regulārs trijstūris.

2. Noliec pa sērkociņam ar vienu galu punktos B un C un pagriež tā, lai otri gali sakrīt (6. att. punktā D).

6. att.



3. Noliek pa sērkociņam ar vienu galu punktā B un D un pagriež tā, lai otri gali sakrīt (6. att. punktā E).

Tā kā trijstūri ABC , BCD , BDE ir regulāri, tad $\sphericalangle ABE = 3 \cdot 60^\circ = 180^\circ$. Tātad sērkociņi AB un BE ir izvietoti uz taisnes. Nogriezni AE ar līdzīgu konstrukciju palīdzību var turpināt gan uz vienu, gan uz otru pusi.

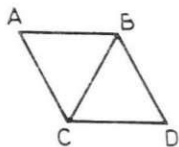
Lai konstruētu patvaļīgu taisni, novieto sērkociņu AB patvaļīgā vietā plaknē un konstruē taisni, ko nosaka šis sērkociņš. Lai konstruētu taisni, kas iet caur doto punktu A , sērkociņu novieto ar vienu galu punktā A un otru patvaļīgā punktā B , kas atrodas viena sērkociņa garuma attālumā no punkta A ; konstruē taisni, ko nosaka sērkociņš AB .

II. Paralelu taisņu konstruēšana.

1. Ja dota taisne, tad uz šīs taisnes var apskatīt sērkociņu ar galapunktiem sērkociņa AB galapunktos.

2. Novieto pa sērkociņam ar vienu galu punktā B un A un pagriež tā, lai otri gali sakrīt (7. att. punktā C).

7. att.



3. Novieto pa sērkociņam ar vienu galu punktā B un C un pagriež tā, lai otri gali sakrīt (7. att. punktā D).

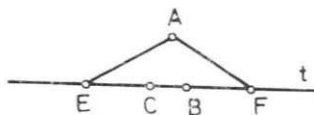
Iegūts rombs $ABDC$. Tātad nogriežņi AB un CD ir paralēli. Taisne, ko nosaka sērkociņš CD , paralēla dotajai taisnei. Ja sērkociņa garumu apzīmē ar a , tad šādi konstruētas paralēlas taisnes atrodas attālumā

$$d = \sqrt{a^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2} = a \frac{\sqrt{3}}{2}.$$

III. Konstrukcija, lai noteiktu, vai punkts A atrodas uz taisnes t .

1. Novieto divus sērkociņus ar vienu galu punktā A , ar otru uz taisnes t , ja iespējams, tad atšķirīgos punktos (8. att. punktos E un F).

8. att.



Ja attālums no taisnes t līdz punktam A ir tik liels, ka šādi nevar sērkociņus novietot, tad punkts A neatrodas uz taisnes t .

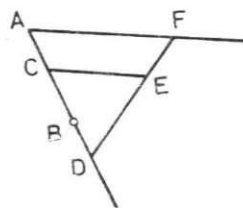
2. Novieto sērkociņu ar vienu galu punktā E un ar otru galu uz taisnes t no punkta E uz punkta F pusi (8. att. punktā B).

3. Novieto sērkociņu ar vienu galu punktā F un ar otru galu uz taisnes t no punkta F uz punkta E pusi (8. att. punktā C).

4. Ja punkti B un C sakrīt, tad punkts A atrodas uz taisnes t . Ja punkti B un C nesakrīt, tad punkts A neatrodas uz taisnes t .

IV. Bisektrises konstruēšana 60° lielam leņķim A (9. att.).

9. att.



1. Noliek sērkociņu ar vienu galu leņķa virsotnē A , ar otru galu uz vienas leņķa A malas. Šo punktu apzīmē ar B .

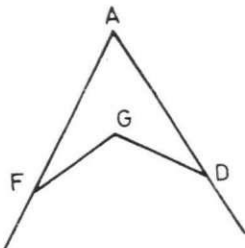
2. Noliek vienu sērkociņu tā, lai tas krusto nogriežni AB tuvāk punktam A nekā punktam B . Šo punktu apzīmē ar C ($AC < CB$).

3. Novieto sērkociņu ar vienu galu punktā C un ar otru galu uz taisnes AB no punkta C uz punkta B pusi punktā D .

4. Novieto pa sērkociņam ar vienu galu punktā C un D un pagriež tā, lai otri gali sakristu leņķa A iekšpusē punktā E .

5. Ir konstruēts regulārs trijstūris CED , tāpēc $\sphericalangle EDC = 60^\circ$. Konstruē taisni, ko nosaka sērkociņš ED . Šīs taisnes krustpunktu ar leņķa malu apzīmē ar F . Trijstūris AFD ir regulārs, jo $\sphericalangle FAD = 60^\circ$ un $\sphericalangle FDA = 60^\circ$. Ja sērkociņa garumu apzīmē ar a , tad $AC < 0,5a$ un $AD < a + 0,5a$, $FD < 1,5a$.

6. Novieto pa sērkociņam ar vienu galu punktos F un D un pagriež tā, lai otri gali sakristu trijstūra AFD iekšpusē (10. att. punktā G).



10. att.

Trijstūris FGD ir vienādsānu trijstūris, tāpēc punkts G atrodas uz leņķa FAD bisektrises. Caur punktiem A un G var nolikt sērkociņu, ja attālums no punkta A līdz punktam G nepārsniedz sērkociņa garumu a . Apzīmē regulārā trijstūra ADF malas garumu ar d . Izrēķina attālumu no punkta A līdz punktam G .

Trijstūra FDG augstums pret malu FD ir

$$h_1 = \sqrt{a^2 - \frac{d^2}{4}}.$$

Trijstūra AFD augstums pret malu FD ir

$$h_2 = \sqrt{d^2 - \frac{d^2}{4}} = d \frac{\sqrt{3}}{2}.$$

Tāpēc

$$AG = h_2 - h_1 = \frac{d\sqrt{3}}{2} - \sqrt{a^2 - \frac{d^2}{4}}.$$

Pierādīsim, ka $AG < a$. Tā kā $d < 1,5a$, tad ir spēkā nevienādības

$$\frac{d^2}{4} < \frac{(1,5a)^2}{4}; \quad \frac{d\sqrt{3}}{2} < \frac{1,5a\sqrt{3}}{2};$$

$$-\frac{d^2}{4} > -\left(\frac{1,5a}{2}\right)^2;$$

$$a^2 - \frac{d^2}{4} > a^2 - \frac{(3a)^2}{16}; \quad \sqrt{a^2 - \frac{d^2}{4}} > \sqrt{a^2 - \frac{(3a)^2}{16}};$$

$$\frac{d\sqrt{3}}{2} - \sqrt{a^2 - \frac{d^2}{4}} < \frac{1,5\sqrt{3}}{2}a - \sqrt{a^2 - \frac{9a^2}{16}}.$$

$$\text{Tāpēc } AG < \frac{1,5\sqrt{3}}{2}a - \sqrt{a^2 - \frac{9a^2}{16}} =$$

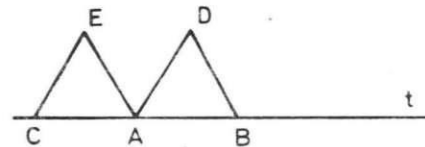
$$= \frac{1,5\sqrt{3}}{2}a - \sqrt{a^2 \frac{7}{16}} = \frac{1,5\sqrt{3}}{2}a - \frac{\sqrt{7}}{4}a =$$

$$= a \left(\frac{1,5\sqrt{3}}{2} - \frac{\sqrt{7}}{4} \right) = a \left(\frac{3\sqrt{3} - \sqrt{7}}{4} \right) < a \frac{3 \cdot 2 - 2}{4} = a.$$

Tā kā $AG < a$, tad noliek sērkociņu tā, lai tas iet caur punktiem A un G . Konstruē taisni, ko nosaka tikko novietotais sērkociņš; šī taisne arī būs leņķa A bisektrise.

V. Perpendikula pret taisni t konstruēšana punktā A , ja punkts A atrodas uz taisnes t .

1. Novieto divus sērkociņus ar vienu galu punktā A , ar otriem galiem uz taisnes t katru uz savu pusi no punkta A (11. att. punktos B un C).



11. att.

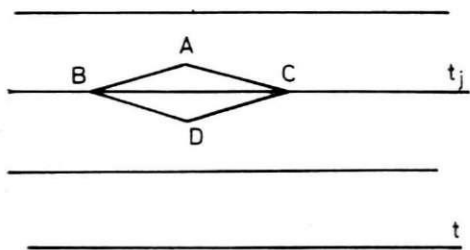
2. Novieto pa sērkociņam ar vienu galu punktos A un B un pagriež tā, lai otri gali sakristu punktā D .

3. Novieto pa sērkociņam ar vienu galu punktos A un C un pagriež tā, lai otri gali sakristu punktā E . Ir konstruēts $\sphericalangle DAB = \sphericalangle DAE = \sphericalangle EAC = 60^\circ$. Tā kā $\sphericalangle DAB = \sphericalangle EAC$, tad $\sphericalangle DAE$ bisektrise ir arī $\sphericalangle BAC$ bisektrise. Konstruē $\sphericalangle EAD$ bisektrisi (IV). Tātad ir uz-

konstruēta arī $\sphericalangle BAC$ bisektrise, kas arī ir perpendikuls pret taisni t punktā A .

VI. Caur punktu A ejoša perpendikula pret taisni t konstruēšana, ja punkts A neatrodas uz taisnes t .

1. Novelk no taisnes t uz punkta A pusi tik taisnei t paralēlas taisnes (II), lai punkts A atrastos starp divām paralēlām taisnēm (12. att.).



12. att.

2. Ja punkts A atrodas uz kādas no konstruētajām taisnei t paralēlajām taisnēm t_i , tad konstruē perpendikulu pret taisni t_i punktā A (V). Tā kā $t_i \parallel t$, tad pret t_i perpendikulārā taisne būs perpendikulāra arī pret t . Ja punkts A neatrodas ne uz vienas no konstruētajām taisnei t paralēlajām taisnēm, tad atradīsies tāda taisne t_j , paralēla dotajai taisnei, no kuras attālums līdz punktam A nepārsniedz $\frac{\sqrt{3}}{2}a : 2 = \frac{\sqrt{3}}{4}a$.

3. Novieto divus sērkociņus ar vienu galu punktā A un ar otru galu uz taisnes t_j atšķirīgos punktos (12. att. punktos B un C).

4. Novieto pa sērkociņam ar vienu galu punktos B un C un pagriež tā, lai otri gali sakrīt (12. att. punktā D).

Uzkonstruēti divi vienādi vienādsānu trijstūri — ABC un DBC . Katra šā trijstūra augstums nepārsniedz $\frac{\sqrt{3}}{4}a$. Tātad romba

$BACD$ diagonāles AD garums nepārsniedz $\frac{\sqrt{3}}{4}a \cdot 2 = \frac{\sqrt{3}}{2}a < a$.

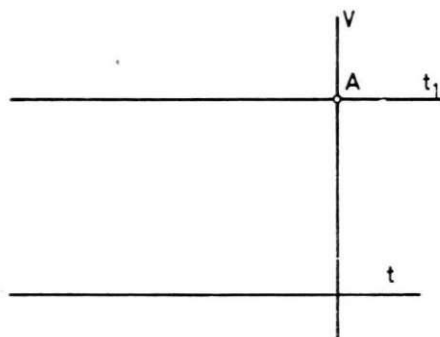
5. Noliek sērkociņu tā, lai tas iet caur punktiem A un D .

6. Konstruē taisni, ko nosaka tikko novietotais sērkociņš (I). Tikko konstruētā taisne ir perpendikulāra taisnei t_j , tātad tā ir perpendikulāra arī taisnei t .

VII. Dotajai taisnei t paralēlas taisnes konstruēšana caur doto punktu A .

1. Ja punkts A atrodas uz taisnes t , tad konstruējamā taisne ir taisne t .

Ja punkts A neatrodas uz taisnes t , tad konstruē dotajai taisnei perpendikulāru taisni V , kas iet caur punktu A (VI) (13. att.).



13. att.

2. Konstruē taisnei V punktā A perpendikulāru taisni t_1 (V). Taisne V ir perpendikulāra gan taisnei t , gan taisnei t_1 . Tātad taisnes t un t_1 ir paralēlas.

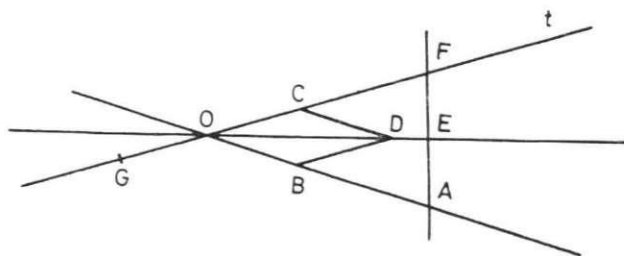
VIII. Taisnes konstruēšana caur diviem dotajiem punktiem A un B .

1. Konstruē taisni t_1 caur punktu A (14. att.).

2. Konstruē taisnei t_1 perpendikulāru taisni t_2 , kas iet caur punktu B (14. att.).

3. Konstruē taisni t_3 , kas perpendikulāra taisnei t_2 punktā B .

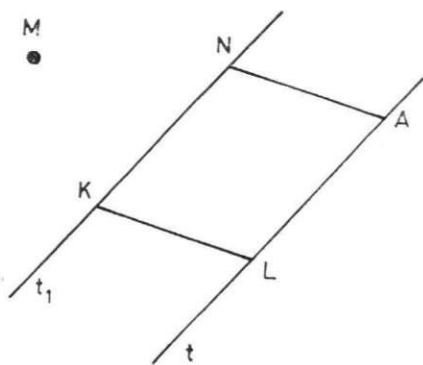
4. Konstruē taisni t_4 , kas perpendikulāra taisnei t_1 punktā A . Taisni t_1 un t_2 krustpunktu apzīmē ar C . Taisni t_3 un t_4 krustpunktu apzīmē ar D . Uzkonstruētā taisnstūra $ACBD$ diagonāle AB ir konstruējamā taisne. Ja taisnstūra $ACBD$ diagonāle ir garāka par



15. att.

taisni OD punktā E (15. att.) un taisni t punktā F . Trijstūri OEF un OEA ir vienādi, jo $\sphericalangle FOE = \sphericalangle EOA$, $\sphericalangle FEO = \sphericalangle AEO = 90^\circ$, OE — kopēja mala. Tātad $OF = OA$ un riņķa līnija krusto taisni t punktā F . Lai noteiktu otru riņķa līnijas krustpunktu ar taisni t , konstruē $\sphericalangle GOB$ bisektrisi un $\sphericalangle GOB$ iekšpusē izdara tādas pašas konstrukcijas kā $\sphericalangle COB$ iekšpusē.

X. Nogriežņa MN atlikšana uz dotās taisnes t no dotā punkta A (16. att.).



16. att.

1. Caur punktu N novelk dotajai taisnei t paralēlu taisni t_1 .

2. Atliek uz taisnes t_1 no punkta N nogriežņa NM garumu; tas ir ekvivalents uzdevumam atrast riņķa līnijas, kurai centrs ir punktā N un rādiuss NM , krustpunktu ar taisni t_1 , kas iet caur riņķa centru N (IX).

3. Novelk taisni caur punktiem N un A (VIII).

4. Caur punktu K velk taisnei NA paralēlu taisni (VII). Šīs taisnes krustpunktu ar taisni t apzīmē ar L . Iegūts paralelograms $NALK$, tāpēc $LA = KN$.

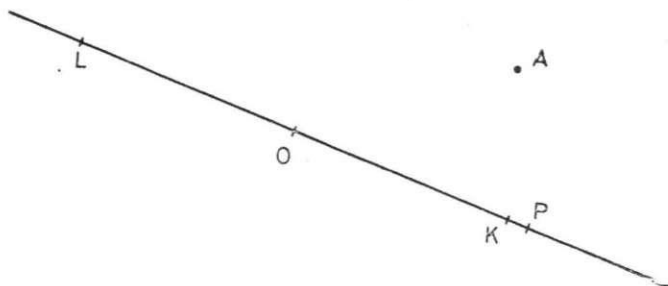
XI. Konstrukcija, ar kuras palīdzību var noteikt, vai punkts P pieder pie riņķa līnijas, vai tas atrodas riņķa iekšpusē vai ārpusē, ja dots riņķa līnijas centrs O un rādiuss OA .

1. Novelk taisni caur punktiem O un P (VIII) (17. att.).

2. Atrod riņķa līnijas, kurai centrs ir punktā O un rādiuss OA , krustpunktus ar taisni OP . Apzīmē šos punktus ar L un K (IX).

3. Ja punkts P sakrīt ar punktu K vai punktu L , tad punkts P atrodas uz riņķa līnijas. Punkti O, K, L, P atrodas uz vienas taisnes. Ja punkts K vai L pieder pie nogriežņa OP , tad punkts P atrodas riņķa ārpusē.

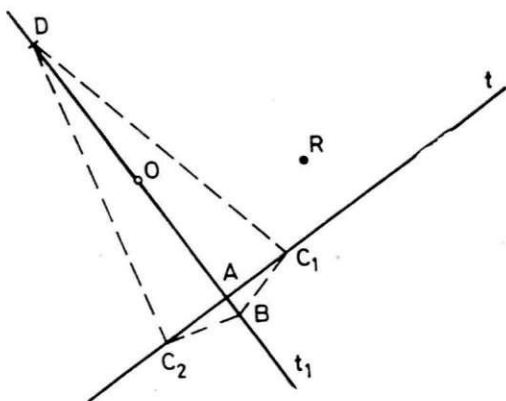
Ja punkti L un K pie nogriežņa OP nepieder, tad punkts P atrodas riņķa iekšpusē.



17. att.

XII. Konstruēt riņķa līnijas krustpunktu ar taisni t , ja dots riņķa līnijas centrs O un rādiuss OR .

1. Konstruē taisnei t perpendikulāru taisni t_1 , kas iet caur punktu O (VI). Taisņu t un t_1 krustpunktu apzīmē ar A (18. att.).



18. att.

2. Konstruē taisnes OA krustpunktus ar riņķa līniju, kuras centrs ir punktā O un rādiuss OR . Apzīmē šos punktus ar D un B (IX).

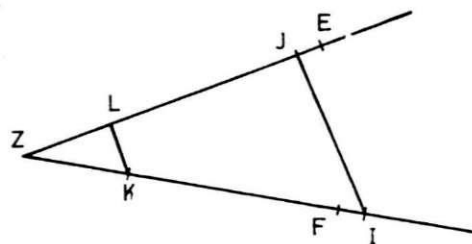
3. Riņķa līnijas krustpunkts ar taisni t ir tāds punkts C uz taisnes t , ka BCD ir taisnleņķa trijstūris.

4. Izrēķina nogriežņa AC garumu. Trijstūri DAC un CAB ir līdzīgi, jo to leņķi ir vienādi kā leņķi ar savstarpēji perpendikulārām malām (sk. 18. att.). Tā kā trijstūri ir līdzīgi, tad to malas ir proporcionālas un ir spēkā sakarības

$$\frac{AB}{AC} = \frac{AC}{AD} \text{ un } AC = \sqrt{AD \cdot AB} = \\ = \sqrt{\frac{(AD+AB)^2 - (AD-AB)^2}{4}}$$

Konstruē izrēķināto nogriežņa AC garumu.

5. Konstruē patvaļīgi lielu leņķi Z (19. att.).



19. att.

6. Uz abām leņķa Z malām atliek $ZE = ZF = AD$ (X).

7. Uz taisnes ZE no punkta E uz punkta Z pusi atliek $JE = AB$ (X).

8. Uz taisnes ZF no punkta F uz punktam Z pretējo pusi atliek $FI = AB$ (X).

Tātad $ZJ = AD - AB$ un $ZI = AD + AB$.

9. Konstruē taisni caur punktiem I un J (VIII).

10. Noliek sērkociņu ar vienu galu punktā Z un otru galu uz taisnes ZI ; šo punktu apzīmē ar K .

11. Konstruē taisni, kas iet caur punktu K paralēli taisnei IJ (VII). Šīs taisnes krustpunktu ar taisni ZE apzīmē ar L (sk. 19. att.).

Uzkonstruētie trijstūri ZLK un ZJI ir līdzīgi, jo to leņķi ir pa pāriem vienādi, tātad trijstūru ZKL un ZJI malas ir proporcionālas:

$$\frac{AB + AD}{AD - AB} = \frac{ZK}{ZL} \quad (*)$$

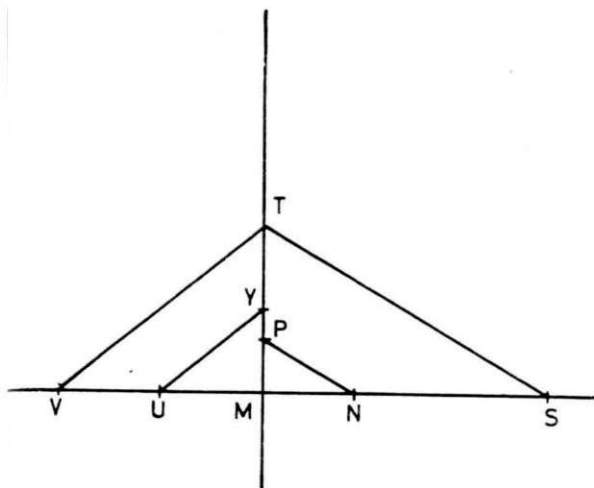
12. Konstruē divas perpendikulāras taisnes — t_v un t_d (20. att.). Šo taisņu krustpunktu apzīmē ar M .

13. No punkta M uz taisnes t_d atliek nogriezni $MN = ZL$ (X).

14. Noliek sērkociņu ar vienu galu punktā N un otru galu uz taisnes t_v ; apzīmē šo punktu ar P .

15. Atliek no punkta M uz taisnes t_d nogriezni $MS = ZJ = AD - AB$.

16. Caur punktu S velk taisnei NP paralēlu taisni. Tās krustpunktu ar taisni t_v apzīmē ar T .



20. att.

Trijstūri MNP un MST ir līdzīgi, jo to leņķi ir pa pāriem vienādi. Tātad šo trijstūru malas ir proporcionālas:

$$\frac{PN}{MN} = \frac{ST}{MS}. \quad (**)$$

Pēc konstrukcijas ir spēkā vienādības $MS = AD - AB$, $NM = ZL$ un $PN = ZK$. Ievietojam šīs sakarības vienādībā (**). Iegūst izteiksmi

$$\frac{ZK}{ZL} = \frac{TS}{AD - AB}. \quad (***)$$

Salīdzinot vienādības (*) un (***), var secināt, ka $TS = AD + AB$. Tātad TSM ir taisn-

leņķa trijstūris, kura hipotenūza ir $AD + AB$ un katete $AD - AB$. Otrā šā trijstūra katete $TM = \sqrt{(AD + AB)^2 - (AD - AB)^2}$. Tā kā $AC =$

$$= \sqrt{\frac{(AD + AB)^2 - (AD - AB)^2}{4}} = \frac{TM}{2}, \text{ tad atliek}$$

konstruēt nogriezni, kura garums ir divreiz mazāks nekā nogriežņa TM garums.

17. Noliec sērkociņu ar vienu galu punktā M un otru galu uz taisnes t_a uz otru pusi no punkta N punktā U .

18. Noliec sērkociņu ar vienu galu punktā U un ar otru galu uz taisnes t_a uz otru pusi no punkta M . Šo punktu apzīmē ar V .

19. Novelk taisni caur punktiem T un V .

20. Novelk šai taisnei paralēlu taisni caur punktu U . Šīs taisnes krustpunktu ar taisni t_v apzīmē ar Y .

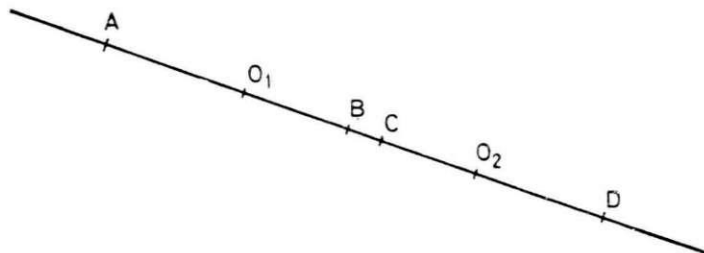
21. Tā kā $VU = UM$ un taisnes UY un VT ir paralēlas, tad $TY = YM$ un $AC = MY$.

22. Atliek uz taisnes t no punkta A uz abām pusēm nogriezni AC . Iegūtie punkti C_1 un C_2 būs riņķa līnijas, kuras centrs ir punktā O un rādiuss OR , un taisnes t krustpunkti (sk. 18. att.).

XIII. Konstrukcija, lai atrastu divu riņķa līniju krustpunktu, ja doti riņķa līniju centri O_1 un O_2 un rādiusi O_1M un O_2N .

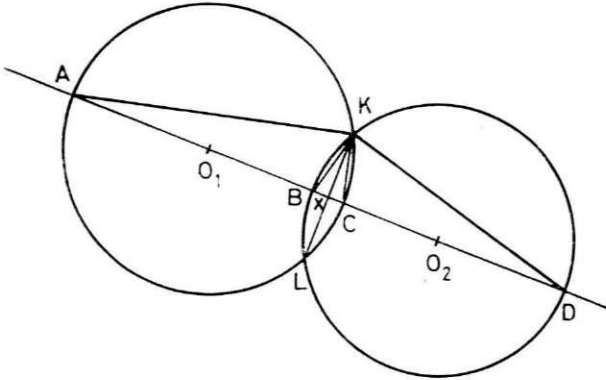
Noteic, vai viens riņķa līnijas centrs atrodas otra riņķa iekšpusē (XI). Turpmāk apskata gadījumu, kad viens riņķa līnijas centrs neatrodas otras riņķa līnijas iekšpusē.

1. Konstruē taisni caur punktiem O_1 un O_2 (VIII) (21. att.).



21. att.

2. Konstruē taisnes O_1O_2 krustpunktus ar abām riņķa līnijām. Apzīmē šos krustpunktus ar burtiem A, B, C, D tā, kā parādīts 21. attēlā. Iedomājas, ka abas riņķa līnijas ir novilkta, un abu riņķa līniju krustpunktus apzīmē ar K un L . Punktu, kurā abu riņķa līniju kopējā horda krusto taisni O_1O_2 , apzīmē ar X (22. att.).



22. att.

Izrēķina nogriežņa BX garumu, ja zināmi visu 21. zīmējumā attēloto nogriežņu garumi. Savieno punktu K ar punktiem A, B, C, D, X . Trijstūri AKC un BKD ir taisnleņķa trijstūri, jo $\sphericalangle AKC$ un $\sphericalangle BKD$ balstās uz diametriem. Trijstūri AKX un KCX ir līdzīgi, jo to leņķi ir vienādi kā leņķi ar savstarpēji perpendikulārām malām. Līdzīgu trijstūru malas ir proporcionālas: $\frac{AB+BX}{KX} = \frac{KX}{BC-BX}$. Trijstūri

KDX un BKX ir līdzīgi, jo to leņķi ir vienādi kā leņķi ar savstarpēji perpendikulārām malām. Līdzīgu trijstūru malas ir proporcionālas, tātad ir spēkā sakarība $\frac{DB-BX}{KX} = \frac{KX}{BX}$.

Abas iegūtās sakarības apvieno vienādojumu sistēmā un atrisina šo sistēmu, ja nogriežņu KX un BX garumi ir nezināmi.

$$\begin{cases} \frac{AB+BX}{KX} = \frac{KX}{BC-BX}; \\ \frac{DB-BX}{KX} = \frac{KX}{BX}; \end{cases}$$

$$\begin{cases} KX^2 = (AB+BX)(BC-BX); \\ KX^2 = BX(DB-BX); \\ (AB+BX)(BC-BX) = BX(DB-BX); \\ AB \cdot BC + BC \cdot BX - AB \cdot BX - BX^2 = \\ = BX \cdot DB - BX^2; \\ BC \cdot AB = BX \cdot DB + BX \cdot AB - BX \cdot BC; \\ AB \cdot BC = BX(AB+DB-BC); \\ \frac{AB}{BX} = \frac{AB+DB-BC}{BC}. \end{cases}$$

Konstruē nogriezni BX , izmantojot sakarību (*).

3. Konstruē patvaļīgu leņķi E (23. att.).

4. No punkta E uz vienas leņķa malas atliek nogriezni $EF=AB$, un uz otras leņķa malas atliek nogriezni $EG=BC$.

5. Uz taisnes FE no punkta F uz punktam E pretējo pusi atliek nogriezni $FH=DB$.

6. Uz taisnes EH no punkta H uz punkta E pusi atliek nogriezni $HI=BC$.

7. Konstruē taisni caur punktiem G un I .

8. Konstruē taisni, paralēlu taisnei GI , caur punktu F . Šis taisnes krustpunktu ar taisni EG apzīmē ar P . Uzkonstruētie trijstūri EPF un EGI ir līdzīgi, jo to leņķi ir vienādi. Tā kā trijstūri ir līdzīgi, tad to malas ir propor-

cionālas: $\frac{EP}{EF} = \frac{EG}{EI}$. Pēc konstrukcijas zi-

nāms, ka $EI=AB+DB-BC$, tāpēc ir spēkā

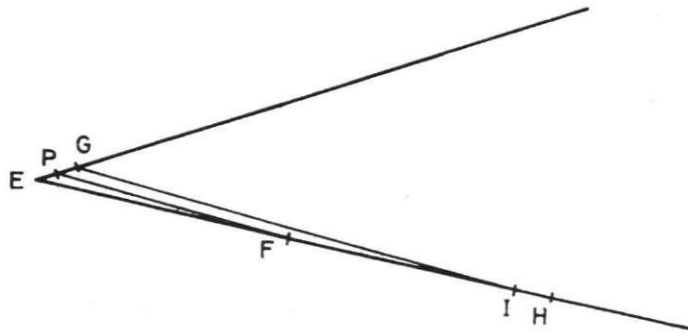
sakarība $\frac{EP}{AB} = \frac{BC}{AB+DB-BC}$. Salīdzinot

tikko iegūto sakarību ar sakarību (*), redzams, ka $EP=BX$.

9. Atliek uz taisnes O_1O_2 no punkta B uz punkta C pusi nogriezni BX (sk. 21. att.).

10. Konstruē taisni caur punktu X perpendikulāru taisnei O_1O_2 (21. att.).

11. Konstruē tikko konstruētās taisnes krustpunktus ar vienu no dotajām riņķa līnijām. Konstruētie punkti ir arī abu riņķa līniju krustpunkti.



23. att.

Ja viens riņķa līnijas centrs atrodas otras riņķa līnijas iekšpusē, tad jāizdara tādas pašas konstrukcijas kā iepriekšējā gadījumā. Tā kā arī rezultāti abiem gadījumiem ir vienādi un atšķiras tikai zīmējumi, tad šo gadījumu iesakām aplūkot patstāvīgi.

Esam pierādījuši, ka ar sērkociņiem var izpildīt visas tās konstrukcijas, kas, konstruējot ar cirkuli un lineālu, ir pamatoperācijas. Tātad ar sērkociņiem var uzkonstruēt visu to pašu, ko ar cirkuli un lineālu, tikai jāpatērē daudz vairāk darba. Tādēļ mēs interesēsīmies tikai par tādiem uzdevumiem, kurus iespējams atrisināt samērā vienkārši, izmantojot konstrukcijas, kas atšķiras no tām, kādas izpilda ar cirkuli un lineālu. Piemēram, 60° liela leņķa bisektrisi varētu konstruēt līdzīgi, kā ar cirkuli un lineālu konstruē leņķa bisektrisi. Iepriekš bija parādīta 60° liela leņķa bisektri-

ses konstrukcija, kas būtiski atšķiras no parastās konstrukcijas. Atrodiet pēc iespējas vienkāršākus risinājumus šādiem uzdevumiem.

1. Konstruēt 75° lielu leņķi.
2. Konstruēt trijstūrī ievilkta riņķa līnijas centru.
3. Konstruēt ap trijstūrī apvilktas riņķa līnijas centru.
4. Konstruēt vienādsānu trijstūrī, ja dots virsotnes leņķis un pamats — 7 sērkociņi.
5. Noteikt, vai izliekts četrstūris ir rombs.
6. Konstruēt kvadrātu, ja dota tā diagonāle.
7. Noteikt, vai dotā figūra ir paralelograms.

Ieteicams pašiem izdomāt vēl citus uzdevumus, kurus varētu ērti atrisināt sērkociņu ģeometrijā.

I. O p m a n e



PAŠGATAVOTS TELEKONVERTERS ASTRONOMISKAJIEM NOVĒROJUMIEM

Daudziem astronomijas amatieriem dabas parādību novērošanu un fiksēšanu traucē piemērotas aparatūras trūkums. Ne jau katrā skolā ir pieejams teleskops. Pašam izslīpēt amatiera teleskopa spoguļi ir grūti gan materiālu, gan pieredzes trūkuma dēļ. Atbaida arī šādu spoguļu izgatavošanas lielā darbietilpība. Dažkārt amatieri mēdz izmantot spoguļteleobjektīvus MTO-1000, kuriem fokusa attālums ir 1000 mm, taču ne visi tos var iegādāties.

Raksta autoram bija pieejams teleobjektīvs TAIR-3, kuram fokusa attālums 300 milimetru. Šim objektīvam ir labi raksturlielumi, tāpēc radās doma papildināt to ar telekonverteru jeb «telenegatīvu».

Telekonvertera princips bija pazīstams jau pagājušajā gadsimtā. To izmantoja, lai palielinātu fotoobjektīva fokusa attālumu. Telekonverteru veido negatīva lēca, kas tiek novietota

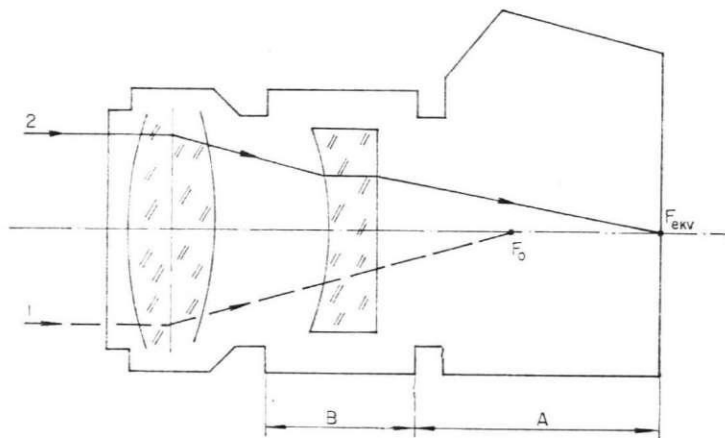
noteiktā attālumā starp kameru un objektīvu, tādējādi pārvēršot parasto objektīvu par mazgabarīta optisko sistēmu, kurai ir liels fokusa attālums (sk. 1. att.).

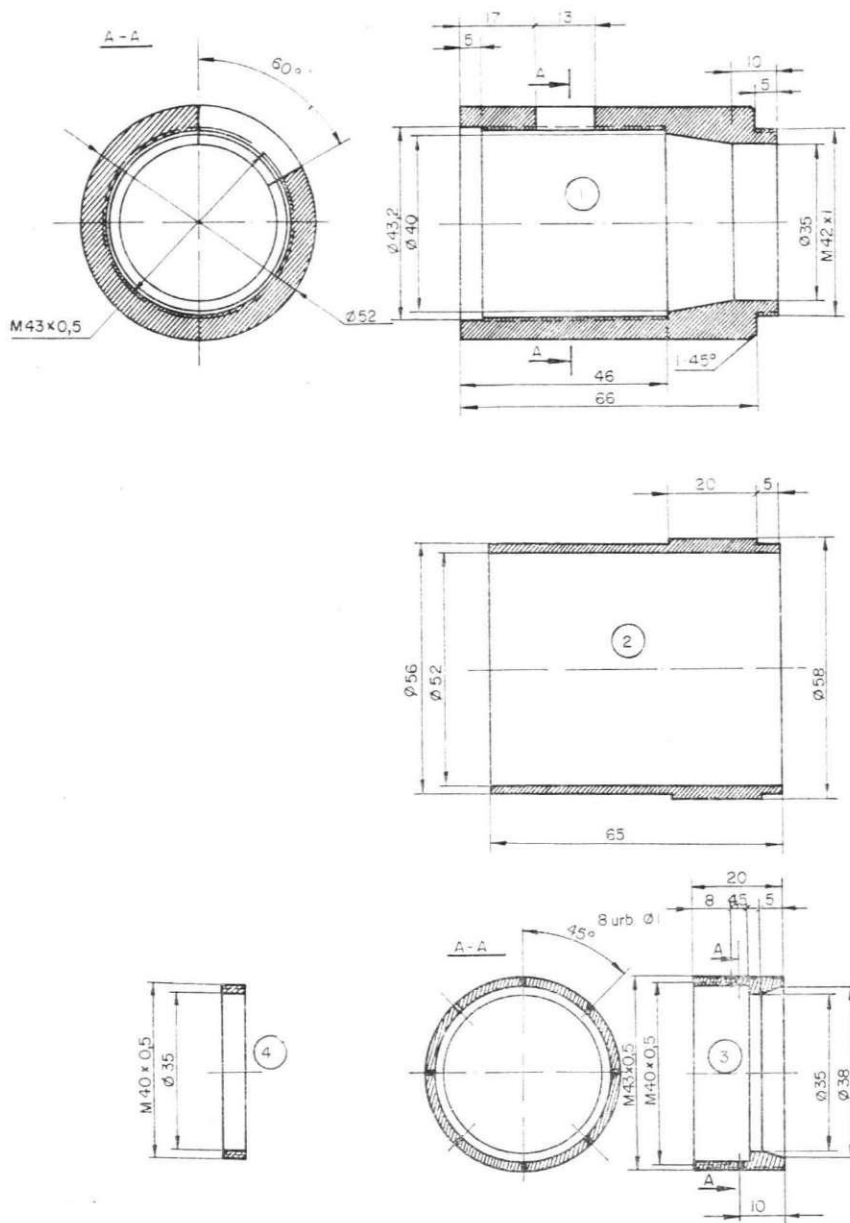
Tā kā mūsu rūpniecībā līdz šim tādas papildierīces neražoja, vajadzēja meklēt iespēju izgatavot to pašam. Literatūrā izdevās atrast norādes par šādas ierīces aprēķināšanu un izveidošanu.*

Telekonverteram nepieciešamo negatīvo lēcu var ņemt no fotopalielinātāja objektīva «Industar-23U». Pārējās detaļas tika virpotas no dūralumīnija. Visi optiskās sistēmas izmēri tika noteikti eksperimentāli. Autora mērķis bija iegūt telekonverteru, kuram būtu četrcārtīgs palielinājums.

* Советское фото, 1970, № 9, с. 38; № 10, с. 38.

1. att. Telekonvertera shēma: A — fotoaparāta darba attālums; B — telenegatīva tubusa garums; F_0 — pamatobjektīva aizmugures fokuss; F_{EKV} — sistēmas «objektīvs + telenegatīvs» aizmugures fokuss; 1 — nosacīta staru gaita pēc pamatobjektīva bez telenegatīva; 2 — staru gaita caur sistēmu «objektīvs + telenegatīvs».





2. att. Telekonvertera sastāvdaļas.

1. tabula

**Objektīva gaismspējas samazināšanās
atkarībā no telekonvertera palielinājuma**

Palielinājums	Gaismspējas samazināšanās par diafragmas iedaļu skaitu
1,4	-1
2	-2
2,8	-3
4	-4

Konvertera detaļu izmēri un uzbūve parādīti 2. attēlā. Konverters sastāv no korpusa 1, kurā tiek ieskrūvēts lēcas korpusu 3. Lēcas korpusam visapkārt ir urbumi, kas nepieciešami sistēmas regulēšanai. Negatīvo lēcu nostiprina lēcas korpusā ar gredzenu 4. Apkārt korpusam ir apvalks, kas novērš gaismas iekļūšanu sistēmā caur korpusa regulēšanas izgriezumu.

Sistēmu noregulē šādi:

— izvēlas kādu attālu skaidri redzamu objektu, kam ir asi izteiktas kontūras, piemēram, atsevišķi augošu koku;

— iestata objektīva attāluma skalu uz bezgalību;

— skrūvējot lēcas korpusu, panāk asu izvēlētā objekta attēlu;

— fiksē lēcas korpusu ar nitrokrāsas vai līmes pilieni.

Telekonverteram salīdzinājumā ar garfokusa objektīviem ir vairākas priekšrocības. Tam ir mazāki gabarīti un masa (ja fokusa garums ir tāds pats), to iespējams izgatavot jebkurā skolas darbnīcā, kurā ir metāla virpa, un tas ir daudz lētāks.

Galvenie telekonvertera trūkumi ir, pirmkārt, objektīva gaismspējas samazināšanās un līdz ar to apgrūtinātā asuma iestādīšana; otrkārt, telekonverters samazina izšķirtspēju (teorētiski tiek pieļauta izšķirtspējas samazināšanās attēla centrā par 20—30%, bet attēla malās par 30—40%).

Praksē ieteicams izvēlēties 1. tabulā norādītos palielinājumus. Piemēram, ja izmanto objektīvu ar maksimālo atvērumu 1:4 un telekonverteru ar četrkārtīgu palielinājumu, tad maksimālā gaismspēja samazinās par 4 iedaļām, t. i., līdz 1:16.

Jāpiebilst, ka Saules aptumsumu fotografēšanā šāda gaismspējas samazināšanās netraucē, tikai atbrīvo no pārāk blīvu gaismas filtru lietošanas.

Telekonverters tika izmantots Saules un Mēness aptumsumu fotografēšanai. Daļējais Saules aptumsums 1984. gada 30. maijā tika fotografēts bez jebkādiem filtriem, eksponēšanu nosakot caur objektīvu (sk. krāsu ielikumu «Zvaigžņotās Debess» 1985. gada pavasara numurā).

Raksta nobeigumā jāpiebilst, ka mūsu rūpniecība gatavojas ražot telekonverterus K-1 un TK-2,* kurus paredzēts lietot kopā ar fotoaparātu «Zenit».

U. Millers

2. tabula

**Diafragmas izvēle telekonverteram
atkarībā no palielinājuma**

Palielinājums	Pamatobjektīva diafragmas rādītājs						
	2	2,8	4	5,6	8	11	16
	Palielinājumam ekvivalentās diafragmas vērtības						
1,4	2,8	4	5,6	8	11	16	22
2	4	5,6	8	11	16	22	32
2,8	5,6	8	11	16	22	32	45
4	8	11	16	22	32	45	64

* Советское фото, 1984, № 8, с. 41.

ZVAIGŽNOTĀ DEBESS 1987. GADA PAVASARĪ

1987. gada astronomiskais pavasaris Zemes ziemeļu puslodē sākas 21. martā pl. 6^h52^m pēc Maskavas dekrēta laika, kad Saule savā redzamajā kustībā pa debess sfēru krusto debess ekvatoru un pāriet no debess dienvidu puslodes ziemeļu puslodē. Saules deklinācija šajā dienā ir 0°, diena un nakts ir vienādā garumā.

Pavasara naktīs novērojami, pirmkārt, jau mūsu ģeogrāfiskajā platumā nenorietošie zvaigznāji: Lielie un Mazie Greizie Rati, Kasiopeja, Cefejs un Pūķis. Bez tam varam redzēt tos norietošos zvaigznājus, kas raksturīgi tieši pavasarim: Vēršu Dzinēju, Berenīkes Matus, Jaunavu, Kraukli, Kausu, Hidru, Sekstantu, Lauvu un Vēzi.

Labi pazīstamā zvaigznāju aina kļūst daudz bagātāka, ja debesis novērojam vai fotografējam, izmantojot teleskopu. Tad var saskatīt arī tālās zvaigžņu sistēmas, kas atrodas miljoniem gaismas gadu attālumā no Zemes. Tā pavasarī redzami Jaunavas un Berenīkes Matu zvaigznāji, ja tos novēro ar neapbruņotu aci, neizceļas ar krāšņām zvaigznēm vai īpatnēju to sakopojumu. Toties teleskops paver mūsu skatam vairākus interesantus kosmiskos objektus — galaktikas un galaktiku kopas. Šajā pavasara zvaigznāju apskatā īsumā aplūkosim dažus ārpusgalaktiskos objektus (galaktikas, galaktiku kopas), kas ietilpst Jaunavas un Berenīkes Matu zvaigznājos.

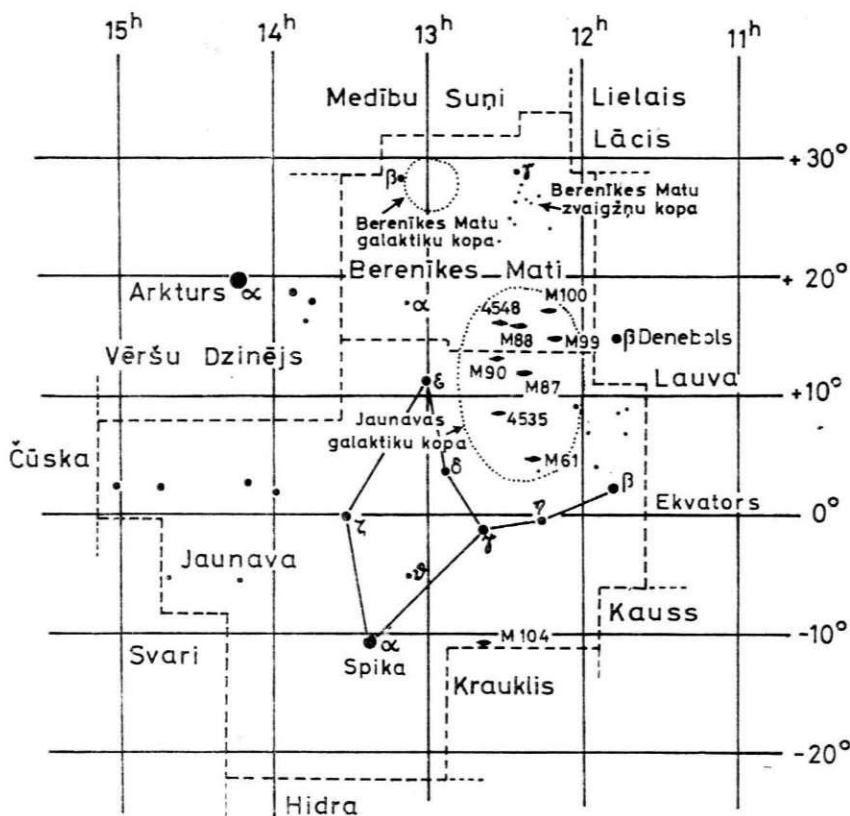
Jaunavas galaktiku kopa — viena no plašākajām galaktiku asociācijām — atgādina ovālas formas mākonī, kura laukums ir 16×10 grādu. Kopas ziemeļdaļa iesniedzas Berenīkes Matu zvaigznājā. Šajā kopā ietilpst vairāk nekā 2500 galaktiku. Daudzi objekti ir fik spoži, ka

tos var saskatīt vai nofotografēt pat ar nelieliem amatieru teleskopiem, kuriem objektīva diametrs ir 10—15 cm, daļa ietilpst arī slavenajā Mesjē katalogā, kurā apkopots vairāk nekā 100 objektu — zvaigžņu kopas, miglāji, galaktikas. Kopas centrs atrodas apmēram 30 miljonu gaismas gadu attālumā no mums un attālinās ar ātrumu 1200 km sekundē. Par dažiem šīs kopas locekļiem — galaktikām mūsu izdevumā stāstīts jau iepriekš (sk., piem., Ā. Alksnes rakstu «Zvaigžņotās Debess» 1979. gada pavasara numurā), tāpēc šajā apskatā tiks īsumā aplūkoti daži citi, mazāk pazīstami, bet ne mazāk interesanti objekti — dažu tipu spirāliskās galaktikas. Attēlā parādīts to izvietojums pie debess, bet vāku 3. lappusē doti fotouzņēmumi (malas garums atbilst 16 loka minūtēm; uzņemts ar RO Šmita teleskopu zilajos staros).

Visblīvākais galaktiku grupējums atrodas vidū uz iedomātas taisnes, kas savieno Lauvas β (Denebolu) ar Jaunavas ε (Vindemiatriksu). Šajā apvidū atrodas jau vairākkārt aprakstītā radiogalaktika M 87 ar slaveno izvirduma strūklu, kas nāk no tās kodola (sk. jau minēto Ā. Alksnes rakstu).

Ap 2^o uz ziemeļiem no M 87 Berenīkes Matu zvaigznājā atrodas spirāliskā galaktika M 88 jeb NGC 4501 (sk. vāku 3. lpp. 1). Tajā daudz spirāļu zaru, pie tam šī galaktika orientēta slīpi pret skata līniju. Tās vizuālais spožums 10,1, tips Sb, koordinātas 12^h29^m20^s un 14°44'.

Galaktika M99 jeb NGC 4254 ir jūtami asimetriska spirāļu zaru orientācijas un skaita ziņā. Tās koordinātas 12^h16^m18^s un 14°44', vizuālais spožums 10,4 tips Sc (sk. vāku 3. lpp. 2).



Jaunavas un Berenīkes Matu zvaigznāju karte.

Ļoti izteiksmīga ir galaktikas M 100 jeb NGC 4321 uzbūve. Tās simetrijas ekvatora plakne ir perpendikulāra skata līnijai, tāpēc spirāļu zari redzami visā krāšņumā. 1979. gadā šajā galaktikā tika novērots supernovas (pārnavas) uzliesmojums. M 100 ir viena no tuvākajām galaktikām, kurā pēdējos gados reģistrēts supernovas uzliesmojums. Šīs galaktikas spožums 10,1, koordinātas $12^{\text{h}}20^{\text{m}}$ un $16^{\circ}08'$ (sk. vāku 3. lpp. 3).

Pa kreisi no M 88 atrodas galaktika NGC 4548. Tā pieder pie SBb vai SBc tipa spirāliskajām galaktikām. Tās koordinātas $12^{\text{h}}32^{\text{m}}20^{\text{s}}$ un $14^{\circ}48'$ (sk. vāku 3. lpp. 4).

Nedaudz uz dienvidiem no NGC 4548 atrodas izteiksmīga spirāliskā galaktika M 90

(NGC 4569), kas redzama slīpā leņķī. Tās vizuālais spožums 10,6, koordinātas $12^{\text{h}}34^{\text{m}}$ un $13^{\circ}25'$ (sk. vāku 3. lpp. 5).

Mazliet tālāk uz dienvidiem no minētajiem objektiem atrodas interesanta spirāliskā galaktika — NGC 4535, kas arī pieder pie SBc tipa. Tā līdzīga galaktikai NGC 4548, tikai NGC 4535 ir vairāk izlocīti spirāļu zari. Šīs galaktikas koordinātas $12^{\text{h}}31^{\text{m}}12^{\text{s}}$ un $08^{\circ}25'$ (sk. vāku 3. lpp. 6).

Galaktiku kopas pašos dienvidos redzama M 61 jeb NGC 4303. Šīs galaktikas vizuālais spožums 10,0, koordinātas $12^{\text{h}}19^{\text{m}}57^{\text{s}}$ un $04^{\circ}42'$, pieder pie Sc tipa (sk. vāku 3. lpp. 7).

Beidzot, nevar nepieminēt visai īpatnējo Jaunavas zvaigznāja galaktiku Sombrero jeb

M 104 (NGC 4594). Tā atrodas vēl tālāk uz dienvidiem — pie Jaunavas un Kraukļa zvaigznāju robežas (ap 10° pa labi no Spikas, apmēram tās augstumā). Arī par šo objektu mūsu izdevumā jau rakstīts. Galaktikas M 104 fotoattēls (sk. vāku 3. lpp. 8) dod priekšstatu par tās leņķiskajiem izmēriem salīdzinājumā ar citām te minētajām galaktikām.

Berenīkes Matu zvaigznājā atrodas vēl kāda nedaudz tālāka galaktiku pasaule. Atsevišķi tās objekti saredzami tikai lielos teleskopos, jo tiem ir daudz vājāks spožums. Berenīkes Matu galaktiku kopa aizņem pie debess laukumu 4° diametrā, tās koordinātas ir 12^h56^m un $28^\circ00'$. Kopā ietilpst ap 800 galaktiku, un tā attālinās no mums ar ātrumu 7500 km sekundē. Vidējais attālums līdz tai — ap 35 miljoni gaismas gadu (14 Mpc).

PLANĒTAS

Merkurs kļūst mazliet saskatāms tikai jūnija sākumā vakaros pēc Saules rieta rietumu pusē kā $+0,7$. lieluma spīdeklis. Tas atrodas vislielākajā austrumu elongācijā (24° no Saules) 7. jūnijā.

Venēra mazliet saskatāma vēl tikai martā, pēc tam vairs nav redzama. Marta beigās tā no Mežāža zvaigznāja pāriet Ūdensvīra zvaigznājā. Mēness aiziet gar Venēru 26. martā 3° zem tās.

Mars vairojams tikai līdz maija beigām. Marta beigās tas no Auna zvaigznāja pāriet Vērša zvaigznājā. Mēness aiziet gar Marsu

2. aprīlī 3° virs planētas. Ar 21. maiju Marss pāriet uz Dvīņu zvaigznāju. Tā redzamais spožums $+1,9$. Mēness aiziet gar Marsu divreiz — 1. un 30. maijā, abas reizes 4° virs planētas.

Jupiters nav redzams gandrīz visu pavasari, tikai jūnijā tas mazliet saskatāms no rītiem austrumu pusē Zivju zvaigznājā. Mēness aiziet gar Jupiteru 20. jūnijā 3° virs tā.

Saturns visu pavasari novērojams Čūskneša zvaigznājā. Mēness aiziet gar Saturnu 21. martā un 18. aprīlī 7° zem tā, bet 15. maijā un 11. jūnijā — 6° zem tā. Planētas spožums attiecīgi $+0,7$, $+0,5$, $+0,3$ un $+0,2$. 9. jūnijā Saturns atrodas opozīcijā.

Urāns martā kļūst redzams no rītiem dienvidaustrumu pusē Strēlnieka zvaigznājā ļoti zemu pie apvāršņa. Pēc 10. maija tas pāriet Čūskneša zvaigznājā. Mēness aiziet gar Urānu 22. martā, 18. aprīlī, 15. maijā un 12. jūnijā 5° zem tā. 16. jūnijā Urāns atrodas opozīcijā.

MĒNESS FĀZES

● (jauns Mēness)	☾ (pirmais ceturksnis)
29. marts 16 ^h 46 ^m	6. aprīlis 11 ^h 48 ^m
28. aprīlis 5 34	6. maijs 6 26
27. maijs 19 13	4. jūnijs 22 53

☾ (pilns Mēness)	☾ (pēdējais ceturksnis)
14. aprīlis 6 ^h 31 ^m	22. marts 19 ^h 22 ^m
13. maijs 16 50	21. aprīlis 2 15
12. jūnijs 00 49	20. maijs 8 02
	18. jūnijs 15 02

I. Jurģītis

PIRMO REIZI „ZVAIGŽNOTAJĀ DEBESĪ”



Ināra OPMANE — P. Stučkas Latvijas Valsts universitātes Skaitļošanas centra skolu informātikas problēmu laboratorijas jaunākā zinātniskā līdzstrādniece. 1982. gadā beigusi LVU Fizikas un matemātikas fakultāti. Ilggadēja republikas matemātikas olimpiāžu žūrijas locekle, ap 20 metodisku palīglīdzekļu autore. Zinātniskās intereses — algoritmiskās problēmas, algoritmiskās domāšanas veidošana skolēniem.



Bruno ROLOVS — fiziķis, fizikas un matemātikas zinātņu doktors, P. Stučkas Latvijas Valsts universitātes Fizikas un matemātikas fakultātes profesors, Teorētiskās fizikas katedras vadītājs. Lasījis lekcijas un veicis zinātnisko darbu Japānā, VDR, Čehoslovākijā un Polijā. Piecu monogrāfiju, trīs mācību grāmatu, divu vārdnicu, kā arī daudzu citu zinātnisku un populārzinātnisku darbu autors.



Albins PILIPAITIS — V. Kapsuka Viļņas Valsts universitātes inženierfotogrammetrijas laboratorijas vadītājs. Viņa zinātniskās intereses saistītas ar fotogrammetrisko metožu izmantošanu kultūras mantojuma saglabāšanā.

Juris URTĀNS — Latvijas PSR Kultūras ministrijas Muzeju un kultūras pieminekļu zinātniskās pētniecības padomes Arheoloģijas pieminekļu nodaļas vadītājs. Nodarbojas ar arheoloģijas pieminekļu apzināšanu un izpēti. Zinātniskās intereses saistītas ar seno kulta vietu pētniecību.



СОДЕРЖАНИЕ

Н. Цимахович. Памяти Яниса Икауниекса (1912—1969). ПОСТУПЬ НАУКИ. У. Дзервitis. Зондирование солнечных недр. Б. Роловс. В мире температур. НОВОСТИ. А. Балклавс. Двухлетние циклы солнечной активности. А. Балклавс. Явления квантования в солнечной системе. А. Алкснис. Углеродные звезды в галактике Андромеды. А. Пилипайтис, В. Вайнаукас. Картирование памятников археологии. Н. Цимахович. Предвестники солнечных вспышек. Н. Цимахович. Атмосферный озон в опасности. Ю. Уртанс. Новые данные о лазданском метеорите. ОСВОЕНИЕ КОСМОСА. Э. Мукин. Космические исследования кометы Галлея. «Астрон» наблюдает комету (по материалам журнала «Космические исследования»). Э. Мукин. О причинах гибели «Челленджера». ОГЛЯДЫВАЯСЬ НА ПРОШЛОЕ. З. Алксне. Изначальная астрономия в Армении. Х. Ээлсалу. Переменные звезды и палеоастрономия. В ШКОЛЕ. И. Опмане. Конструкции «спичечной геометрии». СТРАНИЦА АСТРОНОМОВ-ЛЮБИТЕЛЕЙ. У. Миллерс. Телеконвертер собственного изготовления для астрономических наблюдений. И. Юргитис. Звездное небо весной 1987 года.

CONTENTS

N. Čimahoviča. In Memoriam. Jānis Ikaunieks (1912—1969). RECENT DEVELOPMENTS IN SCIENCE. U. Dzērvītis. Probing of the solar interior. B. Rolovs. In the temperature world. NEWS. A. Balklavs. Biennial cycles of solar activity. A. Balklavs. «Quanta» in solar system parameters. A. Alksnis. Carbon stars in the Andromeda Galaxy. A. Pilipaitis. V. Vainauskas. Cartography of archaeological monuments. N. Čimahoviča. Solar flare warnings. N. Čimahoviča. Atmospheric ozone endangered. J. Urtāns. News about the Lazdāni meteorite. SPACE EXPLORATION. E. Mūkins. Investigating Halley's comet from space. «Astron» observes the comet. E. Mūkins. On the causes of the «Challenger» disaster. FLASHBACK. Z. Alksne. The origins of astronomy in Armenia. H. Eelsalu. Variable stars and paleoastronomy. AT SCHOOL. I. Opmane. The «geometry of matches». AN AMATEUR'S PAGE. U. Millers. A self-made teleconverter for astronomical observations. I. Jurgītis. The starred sky in the spring of 1987.

ЗВЕЗДНОЕ НЕБО, ВЕСНА 1987 ГОДА

Составитель *Наталья Петровна Цимахович*

Издательство «Зинатне». Рига 1987

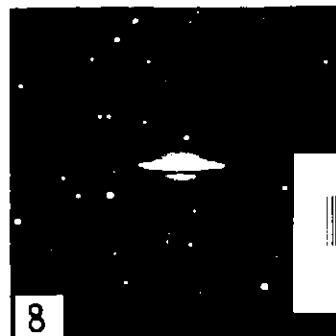
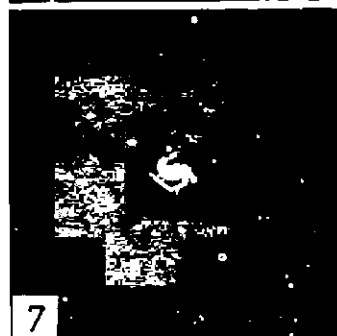
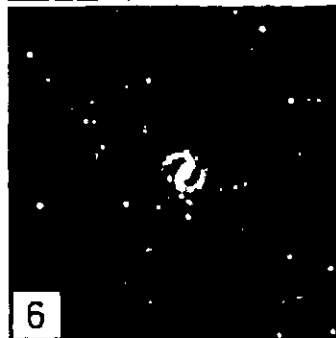
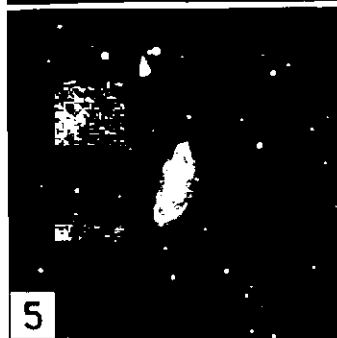
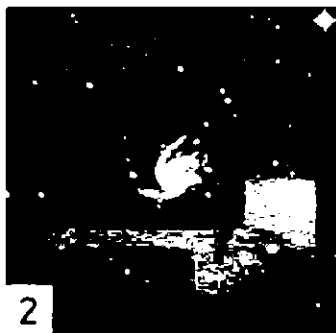
На латышском языке

ZVAIGŅOTĀ DEBESS, 1987. GADA PAVASARIS

Sastādītāja *Natālija Čimahoviča*.

Redaktore *Z. Kļaviņa*, Mākslinieciskā redaktore *V. Pugačova*, Tehniskā redaktore *E. Griķe*. Korektore *E. Užāne*.

Nodota salikšanai 24.10. 86. Parakstīta iespiešanai 12.01.87. JT 12015. Formāts 70×90/16. Tipogr. papiers Nr. 1. Literatūras garnitūra. Augstspiedums. 4,75 fiz. iespiedl., 5,56 uzsk. iespiedl.; 7,17 uzsk. kr. nov.; 6,79 izdevn. l. Metiens 3300 eks. Pasūt. Nr. 103114. Maksā 35 k. Izdevniecība «Zinātne», 226530 PDP Rīgā, Turģeņeva ielā 19. Iespiesta Latvijas PSR Valsts izdevniecību, poligrāfijas un grāmatu tirdzniecības lietu komitejas Rīgas Paraugtipogrāfijā, 226004 Rīgā, Vienības gatvē 11.



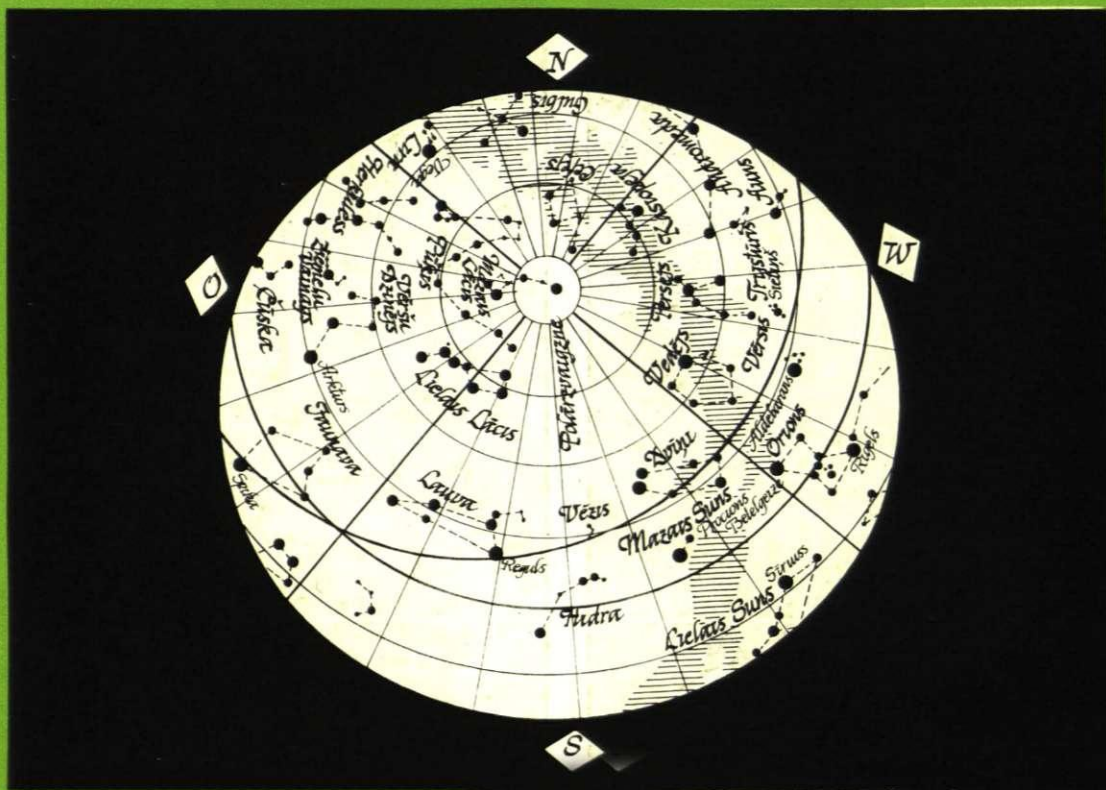
LU bibliotēka



220062586

Dažas pavasari novērojamas spirāliskās galaktikas Jaunavas zvaigznājā. I. Jurgīša fotozņēmumi.

● Romiešu filozofs Seneka teicis: ja zvaigznes varētu redzēt tikai vienā vietā uz Zemes, uz šo vietu plūstu svētceļnieku straumes. Pavasara naktīs novērosim gan nenorietošos zvaigznājus — Lielos un Mazos Greizos Ratus, Kasiopeju, Cefeju, Pūķi, gan arī tieši pavasarim raksturīgos norietošos zvaigznājus — Vēršu Dzinēju, Berenikes Matus, Jaunavu, Lauvu, Vēzi. Karte atbilst zvaigžņotās debess izskatam Rīgā marta beigās ap pl. 23.



● Teleskopā iespējams saskatīt arī tālās zvaigžņu sistēmas, kas atrodas miljoniem gaismas gadu attālumā. Jaunavas zvaigznājā tad ieraugām vienu no plašākajām galaktiku asociācijām — Jaunavas galaktiku kopu, kurā ietilpst vairāk nekā 2500 galaktiku. Kopas centrs atrodas apmēram 30 miljonu gaismas gadu attālumā no mums un virzās prom ar ātrumu 1200 km sekundē. (Sk. I. Jurgīša rakstu.)