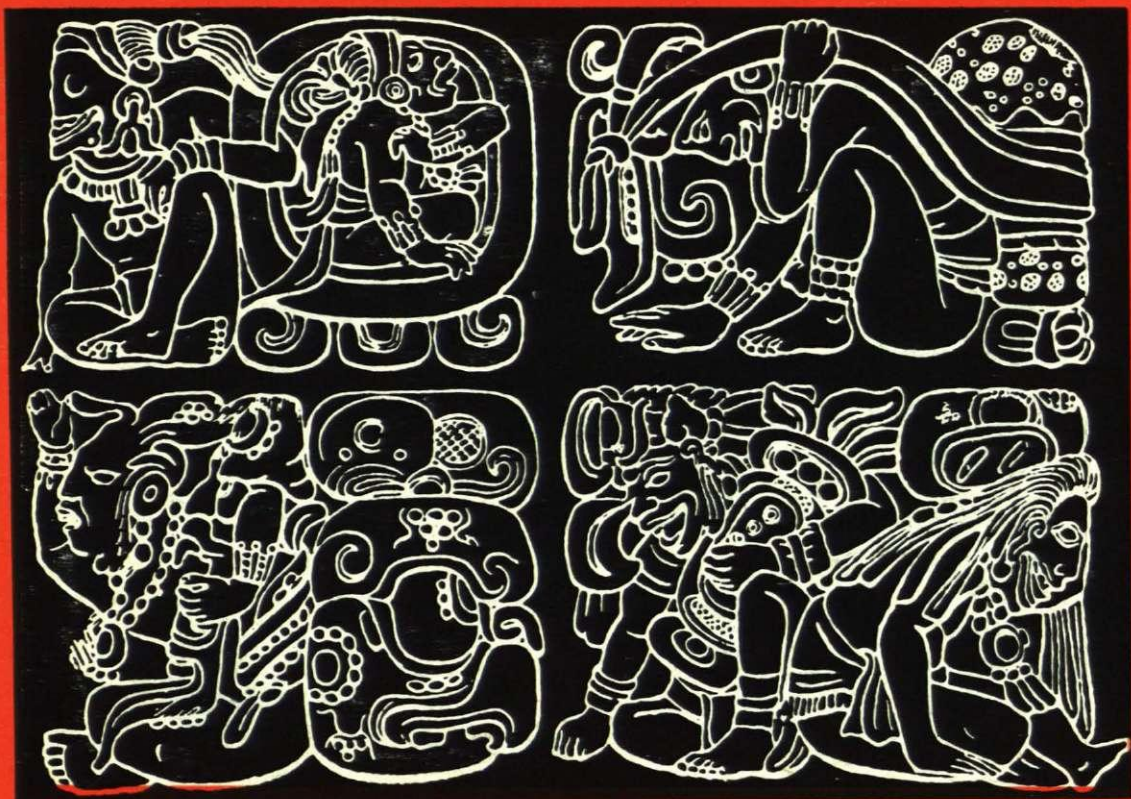


# ZVAIGŽNOTĀ DEBESS

ISSN 0135-129X



Vai ledus laikmetus neizraisa kosmiskie putekļi? ●  
Kosmiskie māzeri — grandioza dabas rotaļa ● Pār-  
novas — svarīgi «logi» uz Visuma noslēpumiem ●  
Fermā lielā teorēma ● Mikroskaitļotāji astronomijas  
stundā ● Maiju kalendārs ● Pastaigu ceļš «Saules  
sistēma»

Zvaigžnotā debess, 1979. gada vasara, 1.—80. lpp.

1979  
VASARA



Miglajs «Zirga galva» Oriona zvaigznājā.

# ZVAIGŽNOTĀ DEBESS

1979. GADA VASARA 84

LATVIJAS PSR ZINĀTŅU  
AKADEMIJAS  
RADIOASTROFIZIKAS  
OBSERVATORIJAS  
POPULĀRZINĀTNISKU RAKSTU  
KRĀJUMS

Iznāk kopš 1958. gada septembra



## REDAKCIJAS KOLEĢIJA:

A. Alksnis, A. Balklavs (atbild.  
red.),  
A. Buiķis, N. Cimahoviča,  
J. Francmanis (atbild. sekr.),  
T. Romanovskis, L. Roze,  
E. Siliņš, I. Šprunka.  
Numuru sastādījusi  
N. Cimahoviča.

Publicēts saskaņā ar Latvijas  
PSR Zinātņu akadēmijas  
Redakciju un izdevumu  
padomes 1978. gada  
28. decembra lēmumu.



RĪGA «ZINĀTNE» 1979

## SATURS

A. <i>Balklavs</i> . Dažas jaunas atziņas par kosmiskajiem putekļiem . . . . .	2
I. <i>Smelds</i> . Kosmiskie māzeri — grandioza dabas rotaļa . . . . .	8
E. <i>Bervalds</i> . Inženieri radioastronomijai . . . . .	16
<b>Jaunumi</b>	
A. <i>Balklavs</i> . Pārnovas un kosmisko attālumu noteikšana . . . . .	20
E. <i>Mūkins</i> . Visspēcīgākais rentgenteleskops . . . . .	22
N. <i>Cimahoviča</i> . Susliki, nokrišņi un Saule . . . . .	23
<b>Kosmosa apgūšana</b>	
E. <i>Mūkins</i> . «Venēras» un «Pioneer» uz Venēras . . . . .	25
<b>Apbalvojumi</b>	
T. <i>Romanovskis</i> . Akadēmiķis P. Kapica — Nobela prēmijas laureāts . . . . .	31
J. <i>Francmanis</i> . Nobela prēmija reliktstarojuma atklājējiem . . . . .	32
<b>Zinātnieks un viņa darbs</b>	
N. <i>Cimahoviča</i> . Fermā lielā teorēma . . . . .	35
A. <i>Pordžess</i> . Saimons Flegs un velns . . . . .	35
<b>Mūsu republikā</b>	
I. <i>Smelds</i> . Fiziķu un astronomu kopīgs seminārs . . . . .	50
<b>Skolā</b>	
T. <i>Romanovskis</i> , A. <i>Revunovs</i> . Mikroskaitļotāju izmantojamība astronomijas uzdevumu risināšanā . . . . .	52
<b>Vēsture</b>	
V. <i>Košančikovs</i> . Seno maiju kalendāra sistēma . . . . .	56
<b>Pirms 100 gadiem rakstīja</b>	
L. <i>Roze</i> . Itāļu astronoma Andželo Seki pēdējā vēlēšanās . . . . .	63
<b>Atziņu ceļi</b>	
T. <i>Romanovskis</i> . Pastaiga pa Saules sistēmu . . . . .	67
<b>Mūsu pasts</b>	
J. <i>Francmanis</i> . «Zvaigžnotās debess» redakcijai atbild lasītājiem . . . . .	70
Ā. <i>Alksne</i> . Zvaigžnotā debess 1979. gada vasarā . . . . .	73
Pirmo reizi «Zvaigžnotajā debesī» . . . . .	78
Tekstā minēto ārzemju zinātnieku uzvārdu oriģinālrakstība . . . . .	78

# DAŽAS JAUNAS ATZIŅAS PAR KOSMISKAJEM PUTEKĻIEM

ARTURS BALKLAVS

Pēdējā laikā daudzi astrofiziķi, pat veselām grupām, pievērsušies putekļu pētniecībai. Tiek gūtas aizvien jaunas atziņas par šo materiāla sīkveidojumu rašanos un uzbūvi. Kļūst aizvien skaidrāks, cik ļoti svarīga ir to loma dažādos astrofizikālos un kosmogoniskos procesos.

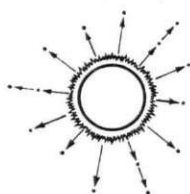
## Putekļu vieta Visuma «konveijerā»

Astronomu rīcībā esošie novērojumu dati liecina, ka kosmiskie putekļi ir galvenokārt zvaigžņu darbības produkts. Uz to, starp citu, norāda zvaigžņu un putekļu mākoņu ciešā saistība, tas, ka tie koncentrēti Galaktikas plaknē, kā arī gāzes un putekļu mākoņu sadalījums citās galaktikās. Uz to norāda arī fakts, ka ārpus galaktikām, t. i., starpgalaktiskajā telpā tālu no zvaigznēm, kosmisko putekļu ir ļoti maz, jo nenovērojam galaktiku sārtošanos — parādību, kas būtu analogiska zvaigžņu «sarkšanai» — zvaigžņu krāsas maiņai starpzvaigžņu putekļu dēļ.

Astronomi, kas nodarbojas ar kosmisko putekļu pētniecību, uzskata, ka tie nav homogēns materiāls. Pēc viņu domām, tie ir iedalāmi starpzvaigžņu un starpplanētu putekļos. Lielākā daļa no viņiem tomēr atzīst, ka starp abu veidu putekļiem pastāv noteikts kosmogonisks sakars.

## Vispirms — kodoli

Pēc pašreizējiem priekšstatiem, kosmisko putekļu kodoli, kas pa lielākaļai daļai sastāv no grūti kausēja-

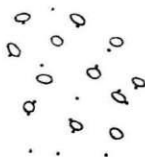


mām vielām, veidojas, kondensējoties gāzēm, kas izplūst no auksto zvaigžņu atmosfērām. Galvenais faktors, kas šos kodolus «izslauka», t. i., izmet starpzvaigžņu telpā, ir zvaigznes starojuma spiediens. Aprēķini rāda, ka gāzes plūsmām un citiem aktivitātes procesiem ir nesalīdzināmi mazāka loma putekļu aiztransportēšanā no zvaigžņu atmosfērām nekā starojuma spiedienam.

## Pēc tam — apvalks

Nokļuvuši starpzvaigžņu vidē, putekļu kodoli mijiedarbojas ar starpzvaigžņu gāzi un apaug ar trauslu apvalku no gaistošām vielām (ja vien starpzvaigžņu gāzes koncentrācija ir pietiekami liela). Apvalku veidošanās procesi ir diezgan dažādi. Te darbojas gan vienkārša, sadursmju radīta atomu un jonu pielīpšana pie putekļu kodoliem, gan ķīmiskas reakcijas uz putekļu virsmas, gan arī atsevišķu

atōmu un molekulu atraušanās no putekļiem. Visproblemātiskākais un sarežģītākais ir pēdējais process — atomu un molekulu atraušanās no putekļiem —, jo analīze rāda, ka šāda atraušanās var notikt ļoti dažādu mehānismu darbības rezultātā. Piemēram, var notikt atraušanās, kas saistīta ar ķīmiskās enerģijas izdalīšanos; var notikt fotoatraušanās, kur atomu vai molekulu izsit gaismas kvants; tālāk — atoma vai molekulas atraušanās, ko rada siltums, kas izdalās, puteklim saduroties ar ļoti enerģiskajām kosmisko staru daļiņām (tātad iztvaikošana); un, visbeidzot, atomu vai molekulu var izsist pietiekami ātras citas daļiņas.



Izrādās, ka smagos atomus, ja tie saistījušies ar putekļu virsmu, neviens no šiem mehānismiem nespēj pietiekami efektīvi no turienes atraut. Tādēļ smagie atomi, ja tie starpzvaigžņu vidē atrodas kopā ar putekļiem, pakāpeniski «izsalst», t. i., saistās ar šiem putekļiem, un starpzvaigžņu gāzē rodas skaidri izteikts šo smago atomu deficīts.

### **Kamēr nav piemērotākas teorijas**

Teorētiski putekļu rašanās un augšana atdziestošā gāzē sevišķi labi izpētīta nav. Pagaidām, šo procesu aprakstot, izmanto klasisko kondensācijas kodolu veidošanās teoriju, kaut gan tā adekvāti apraksta tikai

šķidrums pilienu kondensēšanos. Tomēr ar šīs teorijas palīdzību ir iespējams gūt zināmu priekšstatu par putekļu kodolu veidošanos, novērtēt vidējo atomu skaitu puteklī kondensācijas procesa sākumā un beigās utt. Ievērojot putekļa izmērus un optiskās īpašības, kā arī dinamisko sadarbību starp putekļiem un zvaigžņu atmosfēras gāzi, var aptuveni aprēķināt, kādā ātrumā puteklus no zvaigžņu atmosfērām sviež laukā starojuma spiediens. Ir iegūtas arī aptuvenas izteiksmes, kas zvaigznes masas samazināšanās ātrumu saista ar tās spožumu.

### **Dažādām zvaigznēm — dažādi putekļi**

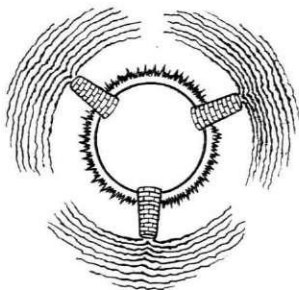
Ķīmiskā sastāva ziņā starpzvaigžņu putekļu kodoli acīmredzot atspoguļo to zvaigžņu atmosfēras, kurās tie radušies. Pašlaik izšķir triju tipu putekļdaļiņas: silikātus, karbīdus (galvenokārt silīcija) un nezināma sastāva (iespējams, tie ir karbonāti).

Putekļi ar silikātu un, iespējams, arī dzelzs kodoliem veidojas galvenokārt aukstu zvaigžņu atmosfērās ar normālu ķīmisko sastāvu. Putekļi ar silīcija karbīda un, ļoti iespējams, arī tīra grafīta kodoliem veidojas oglekļa zvaigžņu atmosfērās.

Lielu ieguldījumu šī aspekta noskaidrošanā ir devuši Ukrainas PSR ZA Galvenās astronomiskās observatorijas astronomi, kas nesen pabeiguši pētījumu ciklu par oglekļa zvaigznēm. Viņi secina, ka šo zvaigžņu atmosfērās nav ūdeņraža un tikpat kā nav arī skābekļa. Toties ir daudz oglekļa. Oglekļa tvaiki, ko zvaigžņu dzīles izsviež šo zvaigžņu atmosfērās, atdzisdami pārvēršas par grafīta kvēpiem, jo

iepriekš minētā skābekļa trūkuma dēļ nevar sadegt. Starojuma spiedienu šos oglekļa putekļus izmet tālu starpzvaigžņu telpā. Pēc šīm īpašībām zvaigznes ieguvušas arī savu nosaukumu — «kvēpstošās zvaigznes».

Ukrainu astronomu pētījumu rezultāti ir arī pretrunā ar agrāk izplatīto uzskatu, ka kosmiskie putekļi veidojas starpzvaigžņu telpā, atsevišķiem atomiem un molekulām saduroties un salīpot. Šāds process, protams, principā ir iespējams, bet tikai tur, kur starpzvaigžņu vides blīvums ir pietiekami liels, kā, piemēram, planētu tuvumā un protoplanētāros mākoņos. Taču lielos attālumos no planētām starpzvaigžņu vides mazā blīvuma dēļ arī sadurmes starp atomiem un molekulām ir ļoti mazvarbūtīgas, tādēļ putekļu veidošanās var notikt tikai ārkārtīgi retos gadījumos.

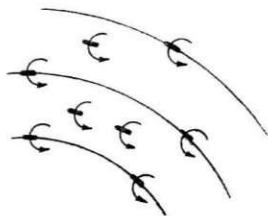


Nezināma sastāva putekļi, taču, ļoti iespējams, ar karbonātu kodoliem, veidojas planetāro miglāju apvalkos.

### **Putekļi rotē — iepriecinoša atziņa**

Negaidītus rezultātus guvuši amerikāņu astrofiziķi Dž. M. Grīnbergs un S. S. Hongs. Pētīdami, kā starp-

zvaigžņu putekļi absorbē gaismu, viņi nākuši pie atziņas, ka absorbējošo putekļu kopējā masa ir ļoti maz atkarīga no atsevišķo daļiņu formas. Tas nozīmē, ka, aprēķinot absorbējošo starpzvaigžņu putekļu kopējo masu, lielākoties par pamatu var ņemt samērā vienkārši izskaitļojamos sfēriskos putekļu modeļus.



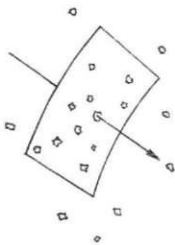
Ļoti interesanti ir arī rezultāti, ko ieguvis amerikāņu astrofiziķis E. M. Pērsels. Viņš skaidrojis, kādi mehānismi var iegriezt izstieptas formas kosmiskos putekļus (respektīvi, likt tiem rotēt). Izrādās, ka vesela rinda cēloņu —  $H_2$  molekulas atrašanās no putekļa, fotoefekts, puteklīm uzlidojošo H atomu akomodācijas koeficienta variēšanās pa putekļa virsmu — var likt puteklīm rotēt ar ļoti lielu leņķisko ātrumu. Bet šāda ļoti ātra rotācija daļiņas ļoti efektīvi orientē — putekļi sakārtojas šķērsām magnētiskā lauka spēka līnijām. Astrofizikā to pazīst kā Deivisa—Grīnsteina mehānismu.

Tāda putekļu rotācija, kā rāda daži apsvērumi, var būt papildu siltuma avots, kas paaugstina starpzvaigžņu gāzes temperatūru, taču, galvenais, tas ļauj novērtēt starpzvaigžņu magnētisko lauku intensitāti ar daudz mazākām vērtībām, nekā to bija iespējams darīt agrāk un kas radīja lielas grūtības vairāku starpzvaigžņu vides parādību un parametru izskaidrošanā.

## Saule — kosmisko putekļu ģenerētāja

Pēdējo 18 gadu laikā starpplanētu putekļu izpētē paveikts liels darbs. Izmantojot kosmiskajos aparātos uzstādītos speciālos slazdus, piemēram, plānas plēves, ko kosmiskās daļiņas caursit, ir iegūta plaša informācija par šīm daļiņām, to masu, izmēriem un formu.

Pašlaik zinātnieku rīcībā ir dati par starpplanētu putekļdaļiņām ļoti plašā masu intervālā — no  $10^{-16}$  g līdz...  $10^6$  g. Ir diezgan labi zināms šo daļiņu sadalījums (skaits) pa masām un to kopējā masa Saules sistēmā, šo daļiņu plūsmas un to masa dažādā attālumā no Saules, šo daļiņu fizikālās un ķīmiskās īpašības utt.



Šī informācija ļauj izvirzīt domu, ka cietos starpplanētu putekļus starojuma spiediens izmet no Saules plankumiem un tie pārvietojas ar konstantu ātrumu radiāli attiecībā pret Sauli. Nav izslēgts, pirmkārt, ka šīs daļiņas ir zodiakālās gaismas cēlonis un, otrkārt, ka, kondensējoties veselos mākoņos Zemes atmosfēras augšējos slāņos, tās var radīt novēroto korelāciju starp Saules aktivitātes cikliem un laika apstākļiem uz Zemes. Bez tam nav izslēgts arī tas, ka līdzīgā kārtā G

klases zvaigžņu plankumos veidojas liela daļa starpzvaigžņu putekļu kodolu.

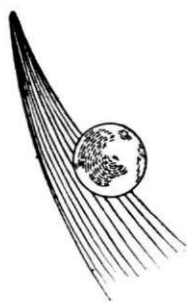
## Jaunas atziņas kosmogonijā

Jaunā informācija par starpplanētu putekļiem paver jaunu ieskatu vairākos ar zvaigžņu un planētu sistēmu kosmogoniju saistītos jautājumos. Tā, piemēram, daži apsvērumi rāda, ka, no starpzvaigžņu gāzes un putekļu mākoņa veidojoties zvaigznēm un planētu sistēmām, sagrūst un pārveidojas tikai neliela daļa no kosmiskajiem putekļiem. Un, jo tālāk no protozvaigznes, jo lielākā daudzumā jābūt sastopamiem pirmatnējākiem putekļiem. Tādēļ komētu kodoliem, kas veidojas, starpzvaigžņu vielai kondensējoties planētu sistēmas perifērijā, ir jāsatāv no gandrīz nemaz neizmantotiem starpzvaigžņu putekļiem, bet meteorītiem, kuri rodas asteroīdu joslā, — no putekļu kodoliem, kas zaudējuši savus gaistošo vielu apvalkus. Planētu sistēmas veidošanās beigu posmā daļa putekļu kodolu atkal tiek izslaucīta starpzvaigžņu telpā.

## Hoila un Vikramasinga hipotēze

Iespējams, ka ar komētām saistītie starpplanētu putekļi ir bijuši arī galvenais Zemes leduslaikmetu cēlonis. Sādu atzinumu nesen izteikuši pazīstamais angļu astrofiziķis F. Hoils un indiešu zinātnieks Č. Vikramasings (Kardifas universitāte). Pēc viņu domām, Zeme atdzīst tad, kad tā nonāk pietiekami tuvā kontaktā ar komētu un tās atmosfērā lielā daudzumā iekļūst komētas samērā blīvajā halo koncentrētie putekļi. Šie putekļi var absor-

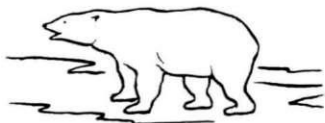
bēt Saules starojumu un pārtraukt siltuma pieplūdi Zemei. Starojuma samazināšanās savukārt samazina fitoplanktona sintēzi jūrās un okeānos un var dažu mēnešu laikā izjaukt lielo dzīvnieku gadu tūkstošos pakāpeniski izveidotās, pielāgotās un nostabilizētās barības iegūšanas sistēmas, tā ka tie galu galā izmirst, kā varbūt noticis, piemēram, ar dinozauriem apmēram pirms 650 miljoniem gadu.



Sākotnējā katastrofa — Zemes sadursme ar komētas halo — ilgst apmēram gadu, bet globālā temperatūras pazemināšanās augšminēto cēloņu dēļ notiek vairāku desmitu gadu ilgā laika posmā, kamēr pamazām atdziest milzīgais siltuma rezervuārs — Pasaules okeāns. Siltuma zudumi izraisa ne tikai jūru aizsalšanu, bet arī intensīvu iztvaikošanu un nokrišņu veidošanos, un rezultātā polu rajonos ledus kārtas biezums pieaug par 30 metriem gadā. Šāda polu cepuru augšana palielina Saules starojuma atstarošanos un vēl vairāk samazina Zemes absorbēto siltuma daudzumu, un apledošana strauji pieaug. Ja pilnīgi viss nesasalst, tad saldūdens dzīvnieki, sēklas, rieksti un nelieli dzīvnieki, kas ar tām barojas, lielākā vai mazākā mērā izdzīvo.

Pēc tādas katastrofas sākas lēna ledus kušana un līdz ar to iepriekšējā klimata atjaunošanās, kas ilgst apmēram 1000 gadu.

Izteikt šādu hipotēzi F. Hoilu un Č. Vikramasingu pamudinājuši pē-



tījumi par Zemes un komētu savstarpējo tuvināšanos. Šie pētījumi rāda, ka cieša kontaktēšanās un lielu putekļu daudzumu nokļūšana Zemes atmosfērā var notikt ar varbūtību apmēram  $10^{-8}$ . Tas nozīmē, ka intervāli starp leduslaikmetiem ilgst vidēji apmēram  $10^8$  gadu. Pēc Kardināla universitātes astronomu domām, tas, kā grupējušies apledošanas periodi pēdējos gadu miljonus, ir izskaidrojams ar šādām komētu mākoņa kustības perturbācijām, ko izraisījušas tuvākās zvaigznes un lielās planētas.

### **Putekļi meteoros. Komētu sabrukšana**

Jaunie priekšstati par kosmiskajiem putekļiem un to ģenēzi pavēruši iespēju no jauna viedokļa skaidrot gan to, kā veidojušies viegli un grūti kausējamie minerālpiemaisījumi samērā reti uz Zemes nokrietošajos meteorītos — oglekļa hondritos —, gan arī to, kāpēc pēkšņi, katastrofāli sabrūk dažu novēroto komētu kodoli. Tā, piemēram, pašlaik izkristalizējas uzskats, ka viegli kausējamo minerālu piemaisījumi oglekļa hondritos ir radušies, šiem minerāliem tieši kondensējoties no gāzveida fāzes, bet nevis ķīmiskās reakcijās starp kondensā-

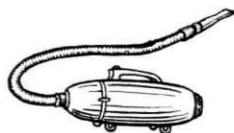


cijas agrāk izdalītajiem grūti sa-  
kausējamiem minerāliem, kā do-  
māja līdz šim.

Grūti sakausējamie oglekļa hon-  
dritu minerālpiemaisījumi, kas ba-  
gāti ar Ca, Al, Ti utt., veidojušies  
Saules tuvumā, kondensēdamies ap-  
mēram 1550—1470°K augstā tem-  
peratūrā.

Interesants ir fakts, ka grūti sa-  
kausējamo minerālpiemaisījumu ķī-  
miskais sastāvs ir ļoti līdzīgs starp-  
zvaigžņu putekļu ķīmiskajam sa-  
stāvam. Tas ir vēl viens arguments  
par labu pieņēmumam, ka starp-  
zvaigžņu putekļi veidojas zvaigžņu  
apvalkos, kā arī apstiprina domu,  
ka daļa no pirmatnējā Saules mig-  
lāja starpzvaigžņu putekļiem pla-  
nētu sistēmas veidošanās procesā  
ir saglabājušies neskarti un tieši  
tādi paši arī iekļuvuši oglekļa hon-  
dritu sastāvā.

Kas attiecas uz dažu komētu ko-  
dolu katastrofālo sabrukšanu, tad  
tās cēlonis acīmredzot ir tas, ka no  
komētas kodola apvalka sprādzien-  
veidīgi izlaužas sakarsusi gāze,  
kura tur rodas un uzkrājas, komē-  
tai tuvojoties Saulei. Sāds secinā-



jums radies sakarā ar to, ka, anali-  
zējot citus iespējamus mehānismus  
un tiem atbilstošos modeļus, kā,  
piemēram, paisuma spēkus un sil-  
tuma vilni, kas izplatās komētas  
kodola iekšienē, tai tuvojoties Sau-  
lei, noskaidrojies, ka šie mehānismi  
ir maz efektīvi.

#### ■ JAUNUMI ĪSUMĀ ■ JAUNUMI ĪSUMĀ

■ Meklējot pēc dzī-  
vības izcelšanās uz Zemes: eksperiments liecina, ka prebiotiskajā ērā, kad primāro ami-  
noskābju sajaukums ar ūdeni un māliem regulāri, daudzkārt, izžuva Saules staros dienā  
un atkal samitrinājās naktīs, šīs aminoskābes polimerizējās par vienkāršām peptīdu  
ķēdītēm, kuras vēlāk, organiskās evolūcijas gaitā, varēja pārveidoties par mūsdienu  
olbaltumvielām.

■ Ūdens Marsa kanālos ir tikai hipotēze. Bet kāds šķidrums  
piedalījies to veidošanā? Marsa atmosfēra agrāk sastāvēja galvenokārt no metāna; Sau-  
les ultravioleto staru ietekmē tas polimerizējās par augstākiem, komplicētākiem ogļūdeņ-  
ražiem. Tie Marsa apstākļos sašķīdinājās un varēja plūst pa planētas ieplakām.

■ Saules gaismas spektra līniju platuma mērījumi liecina, ka Saules aktivitātes pieau-  
guma posmos notiek Saules redzamās virsmas — tās fotosfēras temperatūras pazemi-  
nāšanās. 1977. gadā, sākoties 21. cikla kāpumam, Saules integrālā temperatūra paze-  
minājās apmēram par 6°K, resp., tās spožums samazinājās par 0,5%.

# KOSMISKIE MĀZERI — GRANDIOZA DABAS ROTAĻA

IVARS ŠMELDS

Kosmiskajā telpā bez jebkādu apzinīgu spēku iejaukšanās noris parādības, kas ir analogiskas lāzeriem un māzeriem — vienam no lieliskākajiem cilvēces tehniskajiem sasniegumiem. Lāzeri un māzeri netika noskatīti kosmosā. Gluži otrādi. Vispirms mums tos vajadzēja izgudrot pašiem, un tikai pēc tam mēs kļuvām spējīgi saskatīt dabiskos ārkārtīgi koncentrēta, monohromatiska elektromagnētiskā starojuma avotus — kosmiskos māzerus.

## Optiskais spektrs un radiospektrs

Kopš 1931. gada, kad Karls Janksis konstatēja kosmisko radiostarojumu, tādējādi kļūdamas par pirmo radioastronomu, pētījumu apjoms jaunajā astronomijas nozarē paplašinājās visai strauji — bija iegūts varens astronomisko objektu pētīšanas līdzeklis. Piemēram, pateicoties radioastronomijai, tika izpētīti milzīgie kosmiskā ūdeņraža mākoņi galaktiku spirālveida zaros; izmantojot tā paša kosmiskā ūdeņraža radiostarojumu 21 cm viļņi, izdevās precizēt mūsu priekšstatus par Galaktikas struktūru. Izrādījās, ka gandrīz visi kosmiskie objekti bez redzamās gaismas izstaro arī radioviļņus. Tika atklātas pavisam jaunas objektu klases — piemēram, radiogalaktikas. Un 1949. gadā ievērojamais padomju astronoms Josifs Šklovskis izteica domu, ka radioteleskopu varētu izmantot arī kosmisko molekulu meklēšanai.

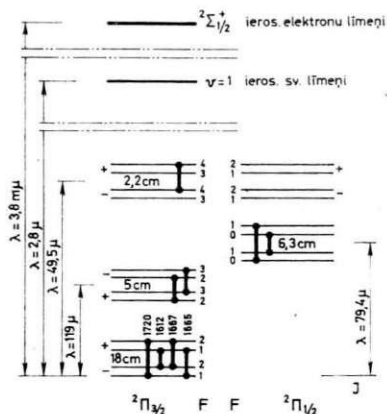
Ar optiskās molekulārās spektroskopijas metodēm līdz tam laikam jau bija atklātas kosmiskās CN un

CH molekulas. Taču dažādi apsvērumi liecināja, ka kosmiskās molekulas visizdevīgāk meklēt tieši radiodiapazonā. Liekas, visvienkāršāk to saprast, salīdzinot molekulu un atomu enerģētiskos spektrus. Atoms enerģijas kvantus izstaro un absorbē galvenokārt spektra redzamajā daļā (vai pat ultravioletajā diapazonā), turpretī molekulu rotācijas spektra līnijas, kas atspoguļo molekulas enerģētiskās pārejas no stāvokļa uz stāvokli (molekulas rotācijas enerģijas maiņu), un arī dažādās supersikstruktūras līnijas atrodas galvenokārt spektra tālajā infrasarkanajā daļā ( $\lambda > 10 \mu$ ) un radiodiapazonā.

## Neparastais radiostarojums

Un tā 1953. gadā tika izskaitļots, kādas frekvences ir dažām molekulārajām līnijām, kurām pēc teorētiskiem aprēķiniem vajadzētu tikt ieraudzītām radioteleskopā. To vidū bija arī radikāla OH (hidroksila) līnijas ar frekvencēm 1667, 1665, 1612 un 1720 MHz. Šīs līnijas iz-

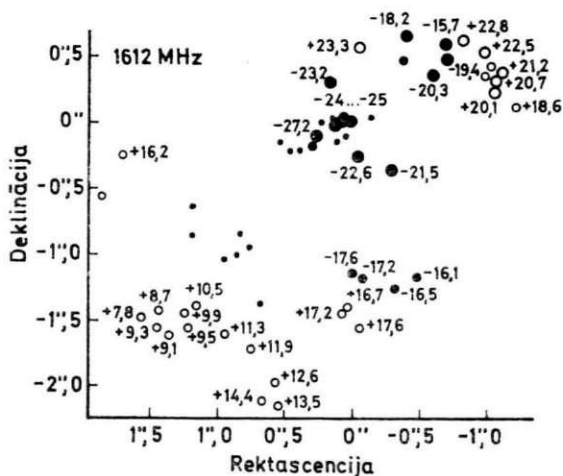
veidojas, molekulas rotācijas spektra paša apakšējā stāvokļa līnijai dubultojojoties (molekulas elektronu čaulas spinam dažādi orientējoties pret visas molekulas rotācijas momentu — tā sauktā  $\Lambda$  dubultošanās) un šīm divām līnijām savukārt sašķeļoties (OH molekulā ietilpstošā ūdeņraža kodola spinam dažādi orientējoties pret molekulas rotācijas momentu, veidojot supersīkstruktūru) (1. att.).



1. att. Kosmiskā hidroksila enerģētisko līmeņu shēma. Ar simboliem II un E apzīmētas dažādās elektronu konfigurācijas. F — kvantu skaitlis, kas raksturo molekulas pilno rotācijas momentu. Ar + un — apzīmēti  $\Lambda$  dubultošanās radītie līmeņu pāri. Ar treknām līnijām atzīmētas kosmosa apstākļos novērotās līnijas.

Kaut gan meklējamās frekvences bija ļoti zināmas, ilgu laiku šīs līnijas tomēr neizdevās uztvert — nebija izstrādāta pietiekami jutīga radiouztverošā aparātūra. Tikai 1963. gadā Masačūsetsas Tehnoloģiskā institūta (ASV) līdzstrādniekiem beidzot tās izdevās novērot absorbcijā, pētot paša spēcīgākā kosmiskā radioavota — Kasiope-

jas A — starojumu. Pēc tam tāpat absorbcijas līniju veidā šis starojums tika novērots vairāku citu kosmisko objektu (galvenokārt HII zonu) radiospektrā. Un pēkšņi negaidīts atklājums — 1965. gadā grupa amerikāņu radioastronomu, pētīdami radioavotu W 49,1667 MHz līniju novēroja nevis absorbcijā, bet gan kā emisijā, pie tam tās intensitāte izrādījās negaidīti liela. Drīzumā tā paša avota spektrā tika atklāta otra OH radiolīnija — ar frekvenci 1665 MHz. Viss it kā būtu ļoti labi, bet pētniekus pārsteidza dažas šo līniju divainības. Pirmkārt, šo līniju intensitātes attiecība nebija tāda, kādu (9:5) varētu gaidīt, ja molekulas pa enerģētiskajiem līmeņiem būtu izvietojušās pēc Bolcmaņa sadalījuma likuma, kā tam būtu jābūt, ja starojuma ierosmes mehānisms būtu termisks. Otrkārt, zinātniekus pārsteidza līniju ārkārtīgi mazais platums: tas atbilda gāzes kinētiskajai temperatūrai ap 3 K (jo augstāka gāzes temperatūra, jo lielāka molekulu siltumkustības ātrumu izkliede un tātad Doplera efekta dēļ «izsmērētāka» spektrālā līnija), kaut gan starojuma intensitāte šajās līnijās bija ārkārtīgi liela un atbilda temperatūrai  $10^{12}$ – $10^{13}$  K. Vēlāk tika atklāts līdzīgas dabas starojums arī no citiem kosmiskajiem radioavotiem — HII zonām un gāzes — putekļu mākoņiem, kas ietver dažus tipus zvaigznes (sarkanos milžus). Šādas pašas dabas radiostarojums tika atklāts arī pārējās divās no minētajām četrām līnijām — ar frekvenci 1612 un 1720 MHz. Bija novērotas arī citas starojuma īpašības — piemēram, ārkārtīgi mazi atsevišķa avota leņķiskie izmēri (ap  $8 \cdot 10^{-2}$  loka sekundēm). Viena radioavota robežās šādu atsevišķu



2. att. OH māzerstarojuma interferometriskā kartē avotam NML Cyg. Tumšie aplīši apzīmē detaļas ar pozitīviem radiāliem ātrumiem (prom no novērotāja). Aplīša izmērs raksturo detaļas relatīvo intensitāti.

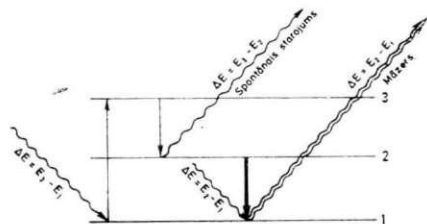
starojuma centru var būt ļoti daudz. Piemēram sniedzam avota NML Cyg interferometrisko karti (2. att.). Bez tam atsevišķi avoti uzrāda mainīgumu, kura periods ir dažas nedēļas. Sākumā šīs un citas jaunatklātās starojuma īpašības pat lika šaubīties, vai starojums tiešām pieder kosmiskajam hidroksilam. Un tikai 1967. gadā J. Sklovskis izteica domu, ka šī īpatnējā starojuma cēlonis varētu būt... kosmiskais māzers.

Tagad zināms, ka aprakstītajām līdzīgas īpašības piemīt arī dažām citām molekulārajām radiolīnijām: 1968. gadā atklātajam kosmiskās ūdens molekulas starojumam ar viļņu garumu 1,35 cm, 1974. gadā atklātajam starojumam ar  $\lambda = 3,48$  mm, ko rada kosmiskā SiO molekula, tāpat arī OH molekulas starojumam citās tās rotācijas spektra līnijās. Visas šīs līnijas pēc īpašībām ir ļoti līdzīgas augstāk aprakstītajam OH starojumam. Tām visām raksturīga ārkārtīgi liela intensitāte, kaut gan līnijas platumus atbilst daudz zemākai gāzes

kinētiskajai temperatūrai starojuma rašanās apgabalā. Tāpat jaunatklātā parādība ir izplatīta plaši.

### Princips kā lāzeram, tikai gaismas vietā radioviļņi

Daudziem «Zvaigžņotās debess» lasītājiem vēl būs atmiņā lāzera starojuma atklāšana šeit pat uz Zemes — laboratorijā (1959. gadā). Liekas, daudziem arī, vismaz principā, būs zināms lāzera starošanas mehānisms. Vienkāršības labad pieņemsim, ka atomam vai molekulai



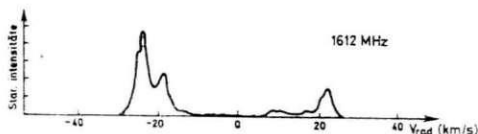
3. att. Vienkāršota lāzera (māzera) ierosmes mehānisma shēma. Ierosmes mehānisma iedarbībā atoms nokļūst uz augšējā ierosinātā līmeņa. Seko spontānā pāreja 3—2 un inducētais starojums pāreja 2—1.

ir tikai trīs enerģētiskie līmeņi (3. att.). Kā zināms, atoms no augstāka enerģētiskā līmeņa (2 vai 3) uz zemāku (1 vai 2) var nokļūt, izstarojot kvantu ar enerģiju  $\Delta E$ , kas atbilst enerģijas starpībai starp attiecīgajiem līmeņiem. Šāda izstarošana un pāriešana zemākā līmenī var notikt gan spontāni, gan arī no ārienes nākoša starojuma kvanta (ar enerģiju  $\Delta E$ ) ietekmē (t. s. inducētais starojums). Šajā otrajā gadījumā enerģijas kvants izstarojas tādā pašā virzienā, kādā pienāk ierosinošais kvants. Taču viela šādu ārēju kvantu var arī absorbēt; tas notiek tad, ja kvants uzturas atomam, kas atrodas apakšējā enerģētiskajā līmenī. Līdz ar to kļūst skaidrs, ka viela no ārienes nākošo kvantu plūsmu var «sagaidīt» divējādi: ja apakšējos enerģētiskajos līmeņos būs vairāk atomu nekā augšējos (kā tas mēdz būt parasti), viela kvantu plūsmu absorbēs; ja turpretī augšējos līmeņos atomu būs vairāk nekā apakšējos (t. s. inversija), viela kvantu plūsmu pastiprinās. Pēdējā gadījumā tad arī realizēsies lāzerstarojums. Vispār ārējais inducējošais starojuma avots šāda lāzera darbībai nemaz nav tik nepieciešams — par inducētājiem var būt pašā vielā spontāni izstarojušies enerģijas kvanti. Saskaņā ar termodinamikas likumiem atomi un molekulas pa spektra enerģētiskajiem līmeņiem cenšas sadalīties pēc Bolcmaņa likuma, t. i.,

$$n_i \sim \exp(-E_i/kT),$$

kur  $n_i$  ir atomu vai molekulu skaits  $i$  enerģētiskajā līmenī,  $E_i$  — līmeņa enerģija,  $k$  — Bolcmaņa konstante,  $T$  — absolūtā temperatūra. Augstākajos enerģētiskajos līmeņos šajā gadījumā būs mazāk atomu nekā apakšējos. Lai rastos un saglabātos pretējs sadalījums, t. i., inversija, nepieciešams kaut kāds mehānisms, kas augšējo enerģētisko līmeni nepārtraukti papildinātu, — lāzera ierosmes mehānisms. Laboratorijas apstākļos par šādu ierosmes mehānismu parasti izmanto radiāciju, kurai ir augstāka frekvence nekā lāzera starojumam. 4. attēlā shematiski parādīta šāda ierosmes mehānisma darbība: absorbēdami ierosmes kvantu, atomi pāriet augšējā enerģētiskajā līmenī (3), pēc tam spontānas starošanas ceļā nokļūst 2. līmenī. Ja šāds mehānisms darbojas pietiekami intensīvi, 2. līmenis izrādīsies «apdzīvotāks» nekā 1. līmenis. Līdz ar to pāreja 2—1 būs invertēta — varēs izstaroties lāzerstarojums ar šīs pārejas frekvenci.

Nu, bet kā tad paliek ar māzēriem — it sevišķi kosmiskajiem? Izrādās, māzera gadījumā ierosmes mehānisms ir tas pats — tikai izstarota tiek nevis gaisma, bet gan radioviļņi. Starotāji līdz ar to parasti ir nevis atomi, bet gan molekulas — kā jau minējām, tieši tām raksturīgas radiolīnijas. Uz radioviļņu izstarošanu norāda arī pats vārds «māzērs» — saīsinājums no angļu «Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation»,



4. att. Kosmiskā hidroksila māzērstarojuma spektrs 1612 MHz frekvencē no avota NML Cyg.

kas latviešu tulkojumā nozīmē «mikroviļņu pastiprināšana ar inducēto starojumu».

### Starpzvaigžņu telpa — pateicīga vide dabiskajiem māzēriem

Kas tad māzerstarojuma ierosmi nodrošina kosmiskajos apstākļos? Aktivās vielas koncentrācija šajos apstākļos it kā būtu ļoti maza: tā, piemēram, attiecība  $\eta_{\text{OH}}/\eta_{\text{H(H}_2\text{)}}$  ( $n$  — daļiņu skaits tilpuma vienībā) kosmosa apstākļos parasti ir  $10^{-7}$ , pie tam apgabalos, no kuriem nāk kosmiskais māzerstarojums, mēdz būt  $10^7$ — $10^9$  H atomu vai molekulu uz vienu kubikcentimetru. (Salīdzinājumam minēsim, ka Zemes atmosfērā jūras līmenī normālos apstākļos ir ap  $10^{19}$  molekulu uz  $\text{cm}^3$ .) Taču izrādās, ka tieši šajos, no pirmā acu uzmetiena šķietami visnepiemērotākajos apstākļos ir vislabvēlīgākie apstākļi māzerstarojuma ģenerēšanai. Pirmām kārtām ļoti mazais vides blīvums nodrošina efektīvu ierosmes mehānisma darbību: Zemes apstākļos tieši sadursme ar apkārtējām daļiņām — kristālrežģa sastāvdaļām, trauka sienām gāzes gadījumā — un, visbeidzot, darbmolekulu sadursmes savā starpā ir tās, kas galvenokārt traucē ierosmes mehānisma darbību — sadursmju rezultātā molekulas vai atomi sadalās pa enerģētiskajiem līmeņiem atbilstoši Bolcmaņa likumam, notiek tā saucamā termalizācija; bet starpzvaigžņu telpā pietiekamu starojuma intensitāti nodrošina kosmiskā māzera milzīgie izmēri — piemēram, atsevišķa māzeravota izmēri 18 cm radiolīnijās ir ap  $10^{11}$  km.

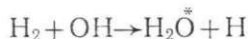
### Kas varētu būt ierosinātāji?

Kādi ierosmes mehānismi konkrēti nodrošina kosmiskā māzera starojumu? Diemžēl šeit vēl ir ļoti daudz neskaidra. Dabiski, ka pirmā doma, kas varētu ienākt prātā, pētot šos ierosmes mehānismus, būtu meklēt analogiju ar laboratorijas lāzeriem. Tā, piemēram, liela daļa kosmisko māzeru ir saistīta ar kosmiskā jonizētā ūdeņraža zonām, bet tās, kā zināms, ir saistītas ar ļoti karstajām 0 klases zvaigznēm, kas ir spēcīga ultravioletā starojuma avots. Tātad secinājums — varbūt tieši šo zvaigžņu ultravioletais starojums nodrošina kosmiskā māzera darbību? Taču izrādās, ka šis ierosmes mehānisms ir ļoti mazefektīvs: piemēram, lai nāktu pietiekami intensīvs starojums no avota W 49, būtu nepieciešams vismaz  $10^4$  šādu zvaigžņu. Bet, spriežot pēc jonizētā ūdeņraža daudzuma šajā avotā, to tur ir tikai ap 10... Līdzīgi uzskatīja, ka viens no iespējamajiem ierosmes avotiem  $\text{H}_2\text{O}$  1,35 cm līnijām varētu būt infrasarkanais starojums ar viļņu garumiem 6,3 un 2,7  $\mu$ , kurš atbilstu ierosinātajām svārstību joslām  $\nu_2$  un  $\nu_3$ . Bet, šo rindu autoram izdarot tuvākus aprēķinus, izrādījās, ka šī mehānisma darbības rezultātā augšējā un apakšējā 1,35 cm spektrālās pārejas līmeņi nonāk apmēram vienāds skaits molekulu — tātad nav nodrošināta galvenā prasība, t. i., virsējā līmeņa «pārbagātināšana» salīdzinājumā ar apakšējo. Līdz ar to kļūst skaidrs, ka vismaz kosmiskajiem OH un  $\text{H}_2\text{O}$  māzēriem jāmeklē citi ierosmes mehānismi.

Viens no interesantākajiem varbūtējiem mehānismiem ir māzera ierosināšanās, kas notiek, darbmolekulām saduroties ar apkārtējiem

H atomiem vai molekulām (pēc jaunākajiem pētījumiem, gāzes un putekļu mākoņos ūdeņradis ir galvenokārt molekulārā formā  $H_2$ ). Liekas, ka tieši šis mehānisms arī ir «atbildīgs» par kosmisko  $H_2O$  molekulu māzerstarojumu. Var rasties jautājums: kā gan šī parādība, kura parastajos laboratorijas apstākļos māzera darbību varētu tikai traucēt (jo tā termalizētu molekulu sadalījumu pa enerģētiskajiem līmeņiem), kosmosa apstākļos to tieši veicina? Šeit atkal jāņem vērā kosmiskās vides specifika: izrādās, ja vides blīvums nav liels ( $n_{H(H_2)} = 10^6 - 10^9 \text{ cm}^{-3}$ ) un arī optiskie dziļumi rotācijas spektra līnijās nav pārāk lieli ( $\tau = 100 - 200$ ), tad sadursmes pilnīgi termalizēt molekulu sadalījumu pa enerģētiskajiem līmeņiem nespēj. Molekulas, kuras sadursmju rezultātā nonākušas ierosinātajos enerģētiskajos stāvokļos, pēc tam izstarodamas apkārtējā telpā rotācijas kvantus, it kā «velas» lejā pa  $H_2O$  rotācijas spektra līmeņu sistēmu. Tā kā katrā konkrētajā līmenī ir atšķirīgs «uzturēšanās» ilgums, notiek molekulu uzkrāšanās stabilākajos līmeņos. Rezultātā dažas pārejas, arī 1,35 cm radiopāreja, var izrādīties invertētas. Jāatzīmē, ka lielos optiskajos dziļumos šis mehānisms vairs nevar darboties: molekulu izstarotie rotācijas kvanti absorbējas pašā darbvielā, un rezultātā atkal iestājas Bolcmaņa sadalījums, jo katrai spontānajai pārejai «no augšas uz leju» (ar kvantu izstarošanu) atbilst pretēja pāreja, kas statistiski atjauno iepriekšējo stāvokli. Izrādās, ka šajā gadījumā būtiska loma var būt kosmiskajiem putekļiem — ja temperatūra tiem ir zemāka nekā molekulām. Pilnīgi iespējama šāda situācija ir, piemēram, uz HII

zonas robežas: šādai zonai izplešoties, putekļi atdziest ātrāk nekā gāze. Šajā gadījumā tie ir efektīvas rotācijas kvantu «uzsūcējs», un rezultātā augstāk aprakstītais mehānisms var darboties efektīvi. Līdzīgi māzerstarojums var tikt ierosināts, ja ierosinātajos stāvokļos esošas molekulas rodas kādā ķīmiskā reakcijā, piemēram, saduroties kosmiskajām OH un ūdeņraža molekulām:



(ar zvaigznīti atzīmēts ierosinātais molekulas stāvoklis). Pēc tam — līdzīgi gadījumam, kad par ierosinošo faktoru kalpoja sadursmes, — molekula veic kaskādveida pāreju pa spektra rotācijas līmeņu «kāpnītēm».

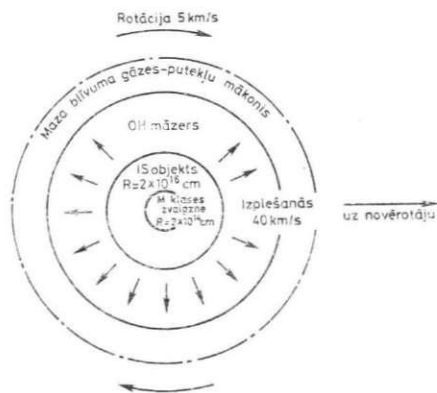
Augstāk minētie piemēri rāda, ka jautājums par kosmiskā māzera ierosmi nepavisam nav vienkāršs. Principā katrai māzera radiolīnijai nākas meklēt savu specifisku ierosmes mehānismu. Tā, piemēram, kosmiskā OH māzerstarojumu labi var izskaidrot ar tuvā infrasarkanā starojuma iedarbību. Taču gandrīz visos gadījumos pamatprincips ir viens un tas pats: kāds aģents molekulu ierosina, un pēc tam notiek kaskādveida pāreja no ierosinātā stāvokļa lejup pa spektrālo līmeņu sistēmu, kā rezultātā stabilākie līmeņi izrādās vairāk «apdzīvoti» nekā mazāk stabilie. Jāpiebilst, ka principā iespējams vēl viens ierosmes mehānisma tips: ja gāzes—putekļu mākonī apstaro radiācija, kuras spektrālais sadalījums atbilst, piemēram, melna ķermeņa starojumam ar noteiktu temperatūru, tad, pateicoties dažādās līnijās dažādiem absorbcijas koeficientiem, kādā noteiktā dziļumā iespējas tikai dažas spektrālās līnijas. Rezultātā var

ierosināties māzers, kas līdzīgs laboratorijas māzeriem, kur par ierosinošo avotu kalpo monohromatiska gaisma, kas rada kāda konkrēta enerģētiskā līmeņa pārapsīdīvotību. Līdzīgs efekts var tikt novērots, arī pateicoties paša mākoņa siltumstarojumam, — tuvu mākoņa virsmai tiks absorbētas galvenokārt spektra līnijas, kurās absorbcijas koeficients ir lielāks. Ar šādu mehānismu labi izskaidrojams dažu kosmiskā OH māzeravotu starojums.

### Ko jaunu par starpzvaigžņu telpu uzzinām no kosmiskā māzerstarojuma?

Kā jau minējām, novērotais māzerstarojums galvenokārt nāk no jonizētā kosmiskā ūdeņraža apgabaliem, kā arī no gāzes putekļu mākoņiem, kas ietver dažu tipu zvaigznes. Pie tam III zonu gadījumā šis starojums koncentrēts tieši robežapgabalos starp jonizēto un nejonizēto kosmiskās gāzes daļu; šajos apgabalos, pateicoties lielajiem temperatūras un blīvuma lēcieniem (piemēram, III zonās temperatūra var sasniegt pat 10000 K), veido-

jas intensīvas vielas plūsmas, rodas dažādi matērijas sablīvējumi. Pēc visa spriežot, tie ir apgabali, kuros veidojas jaunas zvaigznes. Tieši kosmiskā māzerstarojuma pētīšana, izrādās, var dot ļoti daudz zinātniskās informācijas par šiem apgabaliem. Tā, piemēram, konkrētas molekulārās līnijas klātbūtne vien jau liecina par šī apgabala ķīmisko sastāvu. Līnijas plātums sniedz ziņas par attiecīgā rajona temperatūru. Bez tam parasti līnijas profils ir sarežģītāks, tas satur vairākas māzera līnijas, kas nedaudz nobīdītas viena pret otru. Acīmredzot šīs līnijas rodas dažādos telpas apgabalos, un frekvences nobīde rodas Doplera efekta dēļ, gāzei šajos telpas punktos pārvietojoties dažādā ātrumā. Novērojot parastā siltumstarojuma spektru, līniju «izsmērētības» dēļ šādu nobīdi nebūtu iespējams konstatēt. Novērojumi ar radiointerferometrijas metodēm ļauj konstatēt katrā šāda elementāra māzeravota stāvokli telpā. Pamatojoties uz šādiem datiem, jau iespējams izveidot konkrēta radioavota modeli. Piemērs varētu būt, teiksim, OH 18 cm līniju māzerstarojums no objekta NML Cyg — sarkanā pārmilža, ko ietver gāzes—putekļu apvalks. 2. un 4. attēlā dota OH emisijas un starojuma telpiskā sadalījuma karte šim avotam. 5. attēlā parādīts uz šo datu pamata izveidotais objekta NML Cyg modelis. Sarkanā pārmilzi ietverošs kosmisko putekļu mākonis  $\sim 10^{16}$  cm rādiusā absorbē zvaigznes izstaroto redzamo un tuvo infrasarkanā starojumu, pats izstarodams enerģiju tālajā infrasarkanajā diapazonā. Māzerstarojums nāk no mazāk blīva gāzes—putekļu mākoņa. Šis mākonis, kuru mēs redzam gandrīz no sāniem, rotē ar



5. att. Iespējamā objekta NML Cyg kosmiskā OH māzera uzbūves shēma.



ātrumu 5 km/s un izplešas ar ātrumu 40 km/s.

Tiesa, šis ir tikai viens no iespējamajiem modeļiem. Tas, piemēram, nav spējīgs izskaidrot, kādēļ 3. atēlā blakus atrodas māzeravoti ar dažādu radiālo ātrumu.

### Perspektīvas

Jāuzsver, ka līdz šim atklātās māzerlīnijas, pēc visa spriežot, nav vienīgās. Tā, aprēķini rāda, ka kosmiskajai ūdens molekulai vēl vajadzētu dot māzerstarojumu arī vairākās citās rotācijas spektra līnijās. Tā kā visas šīs līnijas atrodas tālajā infrasarkanajā diapazonā

( $\lambda = 100\text{--}200 \mu$ ), tās novērojamas tikai ar ārpusatmosfēras astronomijas metodēm. Tāpat arī starpzvaigžņu vides apstākļos, kur, pateicoties mazajiem blīvumiem, bieži var sagaidīt molekulu un atomu enerģētiskā sadalījuma atkāpes no Bolemaņa likuma, ļoti varbūtīgs ir arī māzerstarojums citās molekulārajās līnijās. Par to liecina kaut vai neseni atklātā māzerlīnija ar viļņu garumu 9 cm, kas pieder kosmiskajai CH molekulai. Tādējādi var gaidīt, ka kosmiskā māzerstarojuma pētīšana dos vēl daudz jauna kā paša starojuma mehānisma izziņāšanā, tā arī kosmosa telpas izpētē.

### ■ JAUNUMI ĪSUMĀ ■ JAUNUMI ĪSUMĀ ■ JAUNUMI ĪSUMĀ

■ Amerikāņu zinātnieku aprēķini rāda, ka sadursmēs starp Zemes mākslīgajiem pavadoņiem ap mūsu planētu 50 gadu laikā izveidosies šķembu josla, kas palielinās citu ZMP bojājumu iespēju. Jau tagad apmēram 100 km augstumā ir daudz vairāk mākslīgu ķermeņu, kuru masa ir lielāka par vienu gramu, nekā dabisko meteoru ķermeņu. Bet jau pēc pirmās ZMP sadursmes, kas var notikt tuvāko 10—20 gadu laikā, radīsies daudz jaunu šķembu, kas savukārt palielinās citu sadursmju varbūtību.

■ Analizējot ilgmūža izotopu  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{26}\text{Al}$  un  $^{53}\text{Mn}$  daudzumu jūras nogulās, meteorītos un Mēness grunts paraugos, ir konstatēts, ka Saules spožums gadu miljonu gaitā nav bijis pastāvīgs. Izotopu  $^{10}\text{Be}$  un  $^{26}\text{Al}$  veidošanās ātrums pirms 2—4 miljoniem gadu bija vairākas reizes lielāks nekā pašreiz. Tam par cēloni varēja būt Saules aktivitātes izmaiņas — vai nu tās samazināšanās, kas palielina Galaktikas kosmisko staru plūsmu Zemes tuvumā, vai arī palielināšanās, kas saistīta ar biežākām un intensīvākām uzliesmojumu daļiņu plūsmām.

# INŽENIERI RADIOASTRONOMIJAI

EDGARS BERVALDS

Visdažādākā profila inženieri mūsu dienās no radioastronomijas veicinātājiem kļuvuši par šīs zinātnes sasniegumu līdzautoriem. To apstiprina fakts, ka pavisam nedaudzo pasaules radioastronomu, Nobela prēmijas laureātu vidū ir arī divi inženieri praktiķi, kuri ar pašu radīto aparāturu pirmie atklāja relikststarojumu.<sup>1</sup> Lai apkopotu pēdējo divu trīs gadu sasniegumus mūsu zemē radioastronomijas inženiernodrošinājumā un noskaidrotu inženierdomas vērienīgumu nākotnes ieceru realizēšanā, radioastronomijas speciālisti pulcējās uz II Vissavienības konferenci.

Radioastronomijas aparātūra, antenas un pētīšanas metodes — lūk, konferences galvenie uzmanības objekti. Sanāksmes norises vieta — saulainās Armēnijas galvaspilsēta Erevāna — nebija izvēlēta nejauši. Šinī nelielajā Aizkaukāza republikā, kas slavēna jau ar savu Bīrokanas astrofizikas observatoriju, tiek radīta moderna tehniskā bāze arī radioastronomijai. Triju republikas zinātniskās pētniecības institūtu darba sasniegumi un perspektīvas šai jomā atspoguļojās 20 zinātniskajos referātos un ziņojumos. Armēņu kolēģiem jo patīkamāk bija apzināties šos sasniegumus un perspektīvas jubilejas reizē — konference notika dienās, kad pavisam nesen bija beigušās svinības par godu 150. gadskārtai kopš Austrumarmēnijas pievienošanas Krievijai.

Konferences darba programma bija ļoti plaša. 305 delegāti no 60 mūsu valsts iestādēm un organizā-

cijām sekciju sēdēs apsprieda vairāk nekā 200 referātu un ziņojumu. Aparatūras sekcijas sēdēs varēja noklausīties referātus par radioastronomijas aparātūras mezgliem un elementiem vispār, radiometriem, it īpaši par to ieejām ar zemu trokšņu līmeni, radiospektrometriem, ESM izmantošanu radioastronomijas aparātūrā un novērojumu automatizēšanā. Samērā daudz ziņojumu bija veltīti milimetru un submilimetru viļņu diapazona aparātūras izstrādāšanas teorijas un prakses jautājumiem. Pētīšanas metožu sekcijā dalībniekus galvenokārt interesēja absolūtie mērījumi, lielas bāzes interferometri, pulsāri, lokācija un novērojumu apstrādes jautājumi. Kopā ar antenu sekciju tika apspriesti vairāki referāti, kas skāra interferometrijas problēmas.

Mūsdienu radioastronomijas novērošanas iespējas galvenokārt nosaka tās rīcībā esošais teleskopu parks un tā tehniskās iespējas. Tāpēc saprotama bija konferences dalībnieku lielā interese par antenu sekcijas sēdēm.

<sup>1</sup> Skat. J. Francaņa rakstu «Nobela prēmija relikststarojuma atklājējiem» šī numura 32. lpp.

Mainīgā profila teleskopu RATAN-600 laikam gan var nosaukt par mūsu radioteleskopu flagmani. Kaut arī šīs antenas rietumu sektors vēl atrodas regulēšanas stadijā, ar pārējiem trim sektoriem sācies intensīvs novērošanas darbs. Šis teleskops ir ilgi gaidīts, un tā uzbūvēšana prasījusi ievērojamus līdzekļus. Kādas tad ir tā reālās iespējas? Speciālās astronomiskās observatorijas zinātnieku un speciālistu ziņojumu komplekss apstiprināja — mūsu radioastronomu rīcībā ir unikāls instruments. Tā augstākais rādītājs — lielā izšķirtspēja. Apgalvoja, ka tam nav palikušas «neredzamas» pat «Apollo» kapsulas detaļas, kas bija palikušas uz Mēness. Puse no loka sekundes — tāda ir līdz šim sasniegtā augstākā planētu koordinātu noteikšanas precizitāte. Tā mudinājusi pat uzsākt kosmisko objektu radioastronomiskās koordinātu sistēmas izstrādāšanu.

RATAN-600 izmanto Saules, planētu un to pavadoņu pētnieki, ar to novēro radiogalaktikas, Galaktiku un Metagalaktiku, tā lielās eksperimentālās iespējas izmanto zinātnieki, kas pēti kosmoloģijas fundamentālos jautājumus. Nedaudz par to, kas jau atklāts un novērots. Konstatēta radiogranulācija uz Saules centimetru viļņu diapazonā, novēroti «Saules vēja» formēšanās apgabali, atklāts Galileja vārdā nosaukto Jupitera pavadoņu radiostarojums un pētīta to radiācija un temperatūra. Detalizēti novēro atsevišķas radiogalaktikas, plašā spektra joslā fiksējot to radioattēlus. Intensīvi novēro mūsu Galaktiku. Konstatēts punktveida starojuma avots tās centrā, iegūti dati par gāzes un zvaigžņu sadalījumu tās kodolā, veikti gravitācijas po-

tenciāla un temperatūras mērījumi, novērtēta supersmagā ķermeņa (iespējams, ka «melnā cauruma») masa Galaktikas centrā, plašā spektra joslā novēro Piena Ceļu ar nolūku atklāt tūkstošiem jaunu starojuma avotu. Atklāts Visuma relikststarojuma apbrīnojams viendabīgums un konstatēts, ka lielizmēra gravitācijas viļņu intensitāte Visumā ir niecīga.

Blakus novērojumiem turpinās liels darbs šī instrumenta iespēju pilnveidošanā. Atsevišķo spoguļa elementu un apstarotāju automātiskā uzstādīšana dos iespēju paplašināt novērojumu diapazonu līdz 3 mm, ievērojami palielināt jutību, jo signāla uzkrāšanas režīmā būs iespēja strādāt līdz  $10^4$  s. Atteikšanās no universāliem viļņvadu traktiem, uztvērēja dzesēšana ar šķidro hēliju un speciālu ekrānu lietošana ļaus samazināt sistēmas trokšņu temperatūru līdz  $50^\circ\text{K}$ , kas ievērojami palielinās instrumenta jutību pēc plūsmas.

Ar gandarījumu un interesi tika uzklauts ziņojums par to, ka uzsākti radioastronomiski novērojumi ārpusatmosfēras apstākļos no Zemes mākslīgā pavadoņa orbītas. Zinātniskajā kompleksā «Salūts-6—Sojuz» uzstādīts submilimetru diapazona garfokusa radioteleskops ar 1,5 m lielu spoguļa diametru. Kā izteicās šī kompleksa radītāji, galvenais mērķis nav bijis uzreiz sasniegt maksimālus teleskopa kompleksa darba parametrus, bet gan eksperimentālā ceļā noskaidrot šāda teleskopa darba iespējas un atrast optimālu risinājumu mezgliem un sistēmām, kuru darba modelēšana uz Zemes ir ļoti sarežģīta vai vispār nav iespējama. Pašas pirmās atziņas: dzesējot ar šķidro hēliju, izdevies ilgstoši saglabāt ļoti zemu un

stabilu uztverošās iekārtas trokšņu temperatūru, kosmiskā vide negatīvi iedarbojas uz antenas atstarotāji virsmu, nopietnas grūtības virsmas precizitātes saglabāšanā rada nevienmērīgs gaismas apstarojums. Eksperimentālie novērojumi galvenokārt saistīti ar Zemes kā planētas radiostarojumu un starpzaigžņu vides spektrālām līnijām.

Pabeigti mūsu zemes lielākās pilnīgi virzāmās paraboliskās antenas TNA-1500 montāždarbi. Šis 64 m spogulis ar augstu uzvadišanas precizitāti (ap 10 loka sekundes) un iespēju efektīvi strādāt pat centimetru viļņu diapazonā būs liels ieguvums arī radioastronomiskiem novērojumiem, it sevišķi lielas bāzes interferometru sistēmās.

Joprojām tiek pētīti un pilnveidoti darbojošies radioteleskopi. Tas vispirms attiecas uz mūsu zemes pirmajiem pilnīgi virzāmiem paraboloidiem RT-22 Serpuhovā un Krimā. Pilnveidojas apstarojošās sistēmas cilindriskajām metru viļņu diapazona antenām Serpuhovā un dekametru viļņu diapazona antenu laukiem Harkovā. Pastiprinājusies interese par novērojumiem submilimetru viļņu diapazonā arī Zemes apstākļos. Maskavā radīta un pārbaudīta 7,5 m paraboliska antena ar virsmas vidējo kvadrātisko novirzi tikai 0,065 mm.

Mūsu zemes radioastronomisko instrumentu parks pēdējos gados nenoliedzami papildinājies un pilnveidojies. Bet ko inženierdoma piedāvā tuvākai un tālākai nākotnei?

Vispirms uzmanību saista Kosmisko pētījumu institūta speciālistu kosmisko radioteleskopu projekts, ko izstrādā kooperācijā ar tehniskām un ražošanas organizācijām. Kosmiskie radiointerferometri, kuru bāzes sasniegtu līdz 10 astrono-

misko vienību garumu un kas sastāvētu no milzīgiem spoguļteleskopiem ar spoguļu diametriem 1—10 km, strādājot viļņu garumos no 1 līdz 1000 mm, ļautu sasniegt  $3 \cdot 10^{-37}$  W/M<sup>2</sup>·hz jutību un  $1,5 \cdot 10^{-10}$  loka sekundes izšķirtspēju. Tas ne vairāk, ne mazāk kā miljons reižu pārsniedz mūdienu radioastronomijas iespēju līmeni. Tāda sfēriska antena sastāvētu no modulētiem ap 200 m lieliem sešstūrīgiem elementiem, kuru stāvokli regulē vadības aparāts, kas atrodas sfēras centrā. Instrumenta zinātniskajā novērojumu programmā kā viens no pirmajiem punktiem ir fiksēts: mākslīgu radiosignālu un ārpuszemes civilizāciju darbības pēdu meklēšana.

Šāda projekta realizēšana domāta tālākai nākotnei, bet interferometrs ar vienu antenu uz Zemes, bet otru Zemes pavadoņa orbitā acimredzot var būt tuvākās nākotnes uzdevums.

Nebūt nav samazinājies problēmu loks konstruktoriem, kuri izstrādā radioteleskopu projektus Zemes apstākļiem. Var teikt, ka nekāda principiāli jauna pieeja antenu konstruēšanā pēdējo gadu laikā nav atklāta. Joprojām perspektīvākais ir homoloģijas princips, par kuru pirmoreiz ziņoja radioastronomijas konferencē 1968. gadā Rīgā. Tas ļāva ievērojami attālināt ierobežojumus, ko lielām un precīzām pilnīgi virzāmām paraboliskām antenām uzliek nenovēršamā konstrukciju deformēšanās. Diemžēl vienlaikus sarežģījās šādas homoloģiskas konstrukcijas aprēķināšana, jo pirmoreiz konstruktori sastapās ar ļoti īpatnēju uzdevumu — nevis samazināt deformācijas (ko līdz bezgalībai Zemes apstākļos izdarīt, protams, nav iespējams), bet

tās sadalīt pa elementiem tā, lai konstrukcijas kopējā deformēšanās aina atbilstu iepriekš noteiktai. Šis uzdevums, kas šodienas izpratnē formulēts kā vispārīgākais antenu konstrukciju optimizēšanas uzdevums, vēl nav atrisināts. Vārds «optimizācija» antenu sekcijas sēdēs neskanēja aiz modes apsvērumiem, bet gan ar dziļu būtisku jēgu. Speciālistu vienprātīgs atziņums šodien ir šāds — spoguļa diametra un virsmas precizitātes palielināšanu praktiski nosaka nevis tehniski, bet gan ekonomiski apsvērumi. Tātad pirmā vietā izvirzās pētījumi, kas saistīti ar antenu parametru, tai skaitā konstrukciju, optimizēšanu. Par sasniegumiem šīnī jomā bija gan tikai daži referāti, bet tie radīja vislielāko interesi un vētrainākās diskusijas.

Konferences noslēgumā — viesmīlīgo saimnieku rīkotās ekskursijas, kas deva iespēju apskatīt un daudz ko uzzināt par izdaudzināto Sevana ezeru, pirms mūsu ēras celto un nesen restaurēto elkdievības templi Garni, darbojošos klosteri klintīs Gegardā un, protams, skatīt kalnus tuvumā un tālumā. Daudz jauna uzzinājām par šīs senās kultūras tautas vēsturi, par tās vispārēja uzplaukuma gadsimtiem un periodiem, kad tai draudēja pilnīga iznīcība. Bet visvairāk pārsteidza tas, cik bagātīgas un daudzpusīgas ir gandrīz vai katra armēņa zināšanas savas tautas vēsturē un kultūrā un ar kādu lepnumu, poētiskumu un pat patosu viņi tās nodod ciemiņiem.

Katras šādas sanāksmes dalībnieki gūst ne tikai vērtīgu pašu jau-

nāko zinātnisko informāciju no pirmavotiem, bet tiem dota arī ne ar ko neaizstājama iespēja personīgās sarunās rast jaunas atziņas, sagraut vai nostiprināt vecās. Lūk, viena no tām.

Mūsu valsts un partijas politika zinātnes sfērā ir vispārzināma. Mums nav vajadzīga zinātne pati par sevi, zinātne zinātnes dēļ, mūs interesē tikai virzīta, mērķtiecīga zinātne, tāda zinātne, kas dod labumu sabiedrībai, ja ne šodien, tad noteikti rīt. Tāpēc acīmredzot arī apzīmētājs «fundamentāli» pie lietvārda «pētījumi» visupirms tulkojams kā mums rītdien vajadzīgās pielietojamās zinātnes pamatus liekošs. Radioastronomija ir fundamentāla zinātne — to ar pamatotu lepnumu teiks katrs radioastronoms. Bet kur rast milzīgos līdzekļus, lai radītu efektīvu novērojumu kompleksu visdažādāko fundamentālo hipotēžu pārbagātības apstākļos? Redzētais un dzirdētais Erevanā vēl lieku reizi pārliecināja — eksistē tikai viens drošs ceļš: ja ne pašiem novērojumiem, tad vismaz aparatūras kompleksam jāatbilst arī pielietojamās zinātnes vajadzībām.

Diemžēl šim ceļam ir viena īpatnība, kas atbaida lielo vairumu pētnieku — tas ir grūts, ļoti sarežģīts ceļš. Droši vien visā zinātnes attīstības vēsturē fundamentālie atklājumi prasījuši ļoti daudz no saviem atklājējiem. Mūsu laikmets šīm prasībām pievienojis vēl — gribu un spēju veikt smagu, nepateicīgu un pat riskantu organizatorisko darbu un nest lielu atbildību kolektīva un sabiedrības priekšā.



## Pārnovas un kosmisko attālumu noteikšana

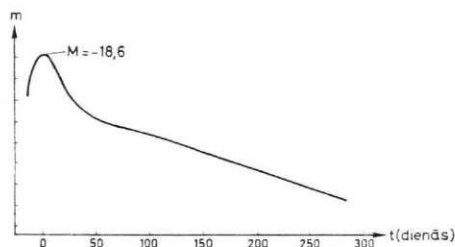
Pēdējos gados pārnovas un ar tām saistītie jautājumi ir kļuvuši par vienu no astrofizikas centrālajām problēmām. Šo lielo interesi ir izraisījusi ne jau tikai pārnovu kā parādību intriģējošā grandiozitāte. Tiek apjausta un pakāpeniski izprasta tā loma, kāda pārnovām ir augstas enerģijas kosmiskā starojuma ģenerēšanā, smago elementu sintēzē un galaktiku evolūcijā (jo, sintezējoties smagajiem elementiem, mainās galaktiku ķīmiskā struktūra un līdz ar to arī zvaigžņu veidošanās ātrums). Ir iegūti arī tādi dati, kas pazīstamajiem amerikāņu astrofiziķiem S. Kolgeitam un A. Pečekam ļāvuši izvirzīt hipotēzi, ka pārnovām ir liela nozīme galaktiku aktīvo kodolu un kvazāru veidošanā.

Daudzie pētījumi par pārnovām ir atklājuši sakaru starp pārnovu uzliesmojumu biežumu un attiecīgo galaktiku spožumu un masu, kā arī devuši citus nozīmīgus rezultātus. Pēc šveiciešu astrofiziķa H. Tammana domām, kas balstās uz ļoti plašas statistisko datu analīzes, pārnovu uzliesmojumu biežums mūsu Galaktikā ir nevis viena pārnova 100 gados vai dažos desmitos gadu, bet gan viena pārnova apmēram 15 gados.

Ļoti nozīmīgu rezultātu ieguvis astrofiziķis D. Brenčs. Analizējot pārnovu eksplozijā nomesto apvalku spektrālās novērošanas datus (pēc apvalku izplešanās ātruma un temperatūras), viņam izdevies izstrādāt jaunu oriģinālu, no ārpusgalaktisko attālumu skalas neatkarīgu metodi,

kā noteikt fundamentālo kosmoloģisko konstanti  $H$ , t. i., Habla konstanti. Jaunā metode izceļas ar augstu precizitāti.

Pētīdami, kāda veida zvaigznes varētu būt pārnovu priekšteces, ļoti svarīgus secinājumus izdarījuši padomju astrofiziķi V. Čečetkins, V. Imšņņiks, L. Ivanova un D. Nadžežins. Izrādās, ka dzelzs zvaigznes<sup>1</sup> kolapsēdamas apvalku nenomet — tātad šo zvaigžņu kolapsu mēs nevarētu



1. att. Viduvētās 1. tipa pārnovu spožuma maiņu līknes aptuvenā forma.

uztvērt kā pārnovas fenomenu. Pēc viņu domām, šo fenomenu izraisa tā saucamais oglekļa uzliesmojums — katastrofāli ātra oglekļa izdegšana zvaigznes kodola augstās temperatūras laukā. Tas zināmā mērā sasauca ar B. Tinslija pētījumiem par baltajiem punduriem kā pagaidām vismīklainākajiem no 1. tipa pārnovu iespējamiem priekštečiem.

<sup>1</sup> Dzelzs zvaigznes — zvaigznes, kurām kodolreakciju gaitā zvaigznes kodolā esošais sākotnējais ūdeņradis ir izdedzis, pārvērdamies dzelzī.

Balstīdamies uz gandrīz divdesmitgadīgiem spektrāliem un fotometriskiem pētījumiem Asjago observatorijā, ļoti interesantus rezultātus ir ieguvuši itāļu astronomi L. Rozino, R. Barbons un F. Čiati. Viņu pētījumi liecina, ka 1. tipa pārnovas veido izteikti kompakta un homogēnu grupu, kuras locekļi pēc fotometriskajām īpašībām maz atšķiras cits no cita. Šis secinājums ļauj izvirzīt jautājumu, vai neeksistē šim pārnovām raksturīga un kopīga viduvēta spožuma likne, kā arī konstruēt likni, kas rāda, kā laikā pēc uzliesmojuma samazinās 1. tipa pārnovu spožums (skat. 1. att.).

Ja šāda raksturīga, kopīga viduvēta spožuma likne eksistētu, tad 1. tipa pārnovas būtu izmantojamas par kosmisko attālumu indikatoriem, jo ar šo likni, kas attiecīgi nokalibrēta absolūtajos spožumos jeb lielumos, pēc novērotajām redzamajām spožuma izmaiņām var noteikt, cik ilgs laiks pagājis kopš uzliesmojuma sākuma (pašu uzliesmojuma sākumu parasti pamana ārkārtīgi retos gadījumos) un kāds attiecīgajā brīdī ir zvaigznes absolūtais lielums. Bet, to zinot, pēc redzamā lieluma nav grūti noteikt attālumu līdz pārnovai.

Detalizētāki pētījumi par atsevišķo spožuma likņu izkliedi vai novirzēm no šīs vidējās spožuma liknes rādīja, ka 1. tipa pārnovas faktiski veido divas apakšgrupas jeb apakšklases, kuras pēc spožuma izmaiņu parametriem (spožuma liknes platumu, kas mērīts starp diviem noteiktiem lielumiem abpus maksimuma, starpība starp maksimālā spožuma punkta un liknes saliekšanās punkta lielumu, liknes slīpums posmā starp 30. un 150. dienu pēc maksimālā spožuma sasniegšanas) var nosaukti nosaukt par lēnajām un ātrajām. Tas ļauj vēl precīzāk noteikt šo pārnovu absolūto lielumu, sevišķi maksimālā spožuma laikā,<sup>2</sup> kad tās ir vislabāk un vistālāk sare-

<sup>2</sup> Novērojumi un aprēķini rāda, ka maksimālā spožuma laikā 1. tipa pārnovu absolūtais fotogrāfiskais lielums ir apmēram —18,6.

dzamas, un tātad arī vēl precīzāk noteikt attālumus līdz tām un to galaktikām.

Iespējams, ka šīs divas apakšklases ir saistītas ar galaktiku zvaigžņu 1. un 2. populāciju. Sadas domas ir izteikuši vairāki pazīstami astrofiziki, kā, piemēram, R. Minkovskis, F. Bertola, M. Susijs un N. Dalaporta.

2. tipa pārnovām, kā rāda līdzšinējie novērojumi, spožuma likņu izkliede ir daudz lielāka, un tādēļ tās ir mazāk noderīgas attāluma noteikšanai, kaut gan nav izslēgts, ka padziļināti pētījumi arī šajā gadījumā ļaus izdalīt dažas homogēnas grupas jeb apakšklases ar mazatšķirīgam fotometriskajām īpašībām. Zināmu pamatu šādam apgalvojumam ir ieguvuši jau pieminētie itāļu astronomi.

Tā kā pārnova maksimumbrīdī var būt daudzpart spožāka par savu galaktiku un tādēļ novērojama ļoti lielā attālumā, atklājumam, ka pastāv pārnovu grupas ar gandrīz identiskām fotometriskajām īpašībām, ir ļoti liela nozīme kosmoloģisko problēmu risināšanā. Tas ne tikai dod jaunu, ar konvenciālo sarkanās nobīdes un Habla konstantes izmantošanu nesaistītu metodi, kā noteikt kosmoloģiskos attālumus; kā rāda itāļu astronoma Dž. Romāno pētījumi, šis atklājums principā ļauj aprēķināt vēl vienu no fundamentālajām kosmoloģiskajām konstantēm, proti, bremsēšanas parametru  $q_0^3$ , un līdz ar to vairāk vai mazāk viennozīmīgi izšķirt, kurš no iespējamajiem slēgtajiem un vaļējiem kosmoloģiskajiem modeļiem ir adekvāts, t. i., noteikt mūsu Metagalaktikas telpaika struktūru, kas, kā zināms, ir viens no kosmoloģisko pētījumu pamatuzdevumiem.

A. B a l k l a v s

<sup>3</sup> Par bremsēšanas parametru  $q_0$  nedaudz ir pastāstīts, piemēram, A. B a l k l a v a rakstā «Vai kvazāri palīdzēs atrisināt jautājumu par kosmoloģiskās izplešanās raksturu?», — «Zvaigžņotā debess», 1978. gada rudens, 1.—5. lpp.

## Vispēcīgākais rentgenteleskops

Rentgenastronomija, kas savas pastāvēšanas pirmajos piecpadsmit gados bija atstījusies visai gausi, šā gadu desmita sākumā piedzīvoja vētrainu uzplaukumu: pavisam īsā laika sprīdī zināmo rentgenspīdekļu skaits desmitkārtšojās, tika atklāti starojuma avoti ar krasām spožuma izmaiņām — gan periodiskām (rentgenpulsāri, avoti ciešās dubultsistēmās), gan pusregulārām («bārsteri»), gan epizodiskām (rentgennovas). Līdz ar to ievērojamu un paliekošu vietu mūsdienu astrofizikā ieņēma «melnie caurumi» un citi eksotiski veidojumi, kas agrāk šķita gauži abstrakti, bet nu izrādījās pavisam nepieciešami daudzu rentgenspīdekļu dabas izskaidrošanai.

Šo spējo progresu, lai cik dīvaini tas arī neliktos, pamatvilcienos nodrošināja daži pavisam nelieli un vienkārši specializētie ZMP ar masu 100—200 kg robežās — SAS-1 jeb «Uhuru», SAS-3 (ASV) un «Ariel-5» (Anglija), kuri 1970.—1975. gadā nomainīja tikai ļoti īslaicīgiem novērojumiem piemērotas augstlidojuma raķetes. Vajadzīgo virziendarbību minēto pavadonu aparatūrai piešķīra dažāda veida kolimatori — ierices, kas būtībā tikai aizēno no pārējās debess daļas pienākošos rentgenstarus, bet nekādi nekonzentrē paša izraudzītā objekta starojumu. Tādēļ šie instrumenti neizcēlās nedz ar augstu jutību, nedz leņķisko izšķirtspēju un koordinātu noteikšanas precizitāti — praktiski ap vienu loka minūti.

No otras puses, jau vairākus gadus pirms «Uhuru» starta bija izstrādāti visīstākie rentgenteleskopī — reflektori, kuros starojumu koncentrēja t. s. slidošās krišanas spoguļi,<sup>1</sup> veidojot pilnvērtīgu novē-

rojamā objekta attēlu ar dažu loka sekunžu izšķirtspēju. Taču sakarā ar konstrukcijas sarežģītību un samērā lielo svaru šie daudzsoļošie instrumenti tika pirmoreiz pacelti orbītā ap Zemi tikai pirms dažiem gadiem, turklāt vienīgi lielos pilotējamās lidaparātos — orbitālajās stacijās «Sky-lab» (tikai Saules pētīšanai) un «Salūts-4» (citu starojuma avotu novērošanai). Pirmo eksperimentu rezultāti izrādījās visnotaļ pozitīvi, un tādēļ nesen šajā virzienā sperts nākamais solis — 1978. gada 13. novembrī ASV palaists pavadonis HEAO-2 (saīsinājums no «High Energy Astronomical Observatory» — astronomiska observatorija augstenerģiska starojuma novērošanai) ar jaunu, vēl daudz spēcīgāku rentgenteleskopu.

Optisko sistēmu tam veido četri koncentriski slidošās krišanas spoguļu pāri (parabolisks un tam sekojošs hiperbolisks) ar maksimālo diametru 55 cm, redzeslauku 75' un izšķirtspēju attēla centrā ap 1,5" — tātad tikai nedaudz sliktāku nekā lieliem parastās gaismas teleskopiem. Pavadonu orientācijas sistēma nodrošina instrumenta stabilizāciju ar precizitāti līdz 1" jebkuram novērošanas seansa ilgumam paredzētajā ekspozīciju diapazonā — no 17 minūtēm līdz 28 stundām.

Teleskopam ar pagriežamas platformas palīdzību iespējams mehāniski pieslēgt vienu no sekojošiem starojuma uztvērējiem: attēlu detektoru ar plašu redzeslauku un mērenu leņķisko izšķirtspēju, attēlu detektoru ar šauru redzeslauku un maksimāli augstu izšķirtspēju, spektrometru ar augstu spektrālo izšķirtspēju un vidēju jutību, spektrometru ar augstu jutību un mērenu izšķirtspēju. Bez tam teleskopa priekšā ar grozāma diska palīdzību var novietot vienu no trim filtriem uzņemšanai šaurākā spektra daļā vai arī difrakcijas režģi, kas ļauj iegūt spektrus ar nelielu izšķirtspēju uzreiz visiem redzeslaukā esošajiem objektiem. Filtri izgatavoti no plānām alumīnija un berilija plāksnēm, bet režģi veido miljons paralēlu zelta stiepliņu ar diametru

<sup>1</sup> Visai augstenerģiskie rentgenfotoni atstarojas tikai ļoti lēzenas («slidošas») krišanas gadījumā; pretējā situācijā tie iespīežas spoguļi un tur izkliedējas.



0,2  $\mu\text{m}$  un savstarpējo attālumu 0,5  $\mu\text{m}$ . Spektrometros režģa funkciju pilda dažādu ļoti tīru kristālu iekšējā struktūra, kuras «šūniņu» izmēri ir tieši piemēroti rentgen diapazona prasībām.

Attēlu iegūšanai kalpo uztverošā matrica — tievu vadiņu tīkls ar gāzi pildītā kamerā, kurš kopā ar attiecīgām elektroniskām ierīcēm reģistrē laiku un koordinātes rentgenstaru izraisītām elektriskām izlādēm gāzē. Katrs matricas elements darbojas atsevišķu fotonu skaitīšanas režīmā un pilnas 28 stundu ekspozīcijas gadījumā nodrošina tūkstošreiz augstāku jutību nekā jebkuram citam mūsdienu rentgenteleskopam jeb 10 tūkstoš reizu augstāku nekā pirmo specializēto pavadoņu instrumentiem!

Šis unikālās aparatūras izstrādāšanā piedalījušās četras organizācijas — Hārvarda—Smitsona astrofizikas centrs, Masačūsetsas Tehnoloģiskais institūts, Kolumbijas štata universitāte un NASA Godarda kosmisko pētījumu centrs; šo iestāžu pārstāvji ar R. Dziakoni priekšgalā arī izveidojuši īpašu direktorātu, kam jā rūpējas par iecerētās pētījumu programmas īstenošanu. Tā sastādīta galvenokārt pēc datiem, kas iegūti ar iepriekšējo šīs sērijas pavadoni — HEAO-1 (palaišs 1977. gadā), atkārtoti pārlūkojot visu debess sfēru ar desmit reizes augstāku jutību nekā no «Uhuru». Izraudzīto objektu vidū ir ne tikai rentgenastronomijai tradicionālās pārnovu atliekas, galaktikas ar aktīviem kodoliem u. tml., bet arī karstas starpgalaktiku gāzes mākoņi, dažas tuvas visparastākās zvaigznes un pat atsevišķi gandrīz «tukši» debess apgabali.

Jaunā 3150 kg smagā automātiskā rentgenobservatorija tika oficiāli nodota ekspluatācijā 1979. gada janvārī. HEAO-2 direktorāts cer, ka, taupīgi lietojot stabilizācijas sistēmas saspīstās gāzes krājumus, tās derīgo darbību izdosies pagarināt no projektētā viena gada līdz trijiem. Tādā gadījumā paredzēts ievērojami palielināt novērošanas laiku, kas tiek atvēlēts

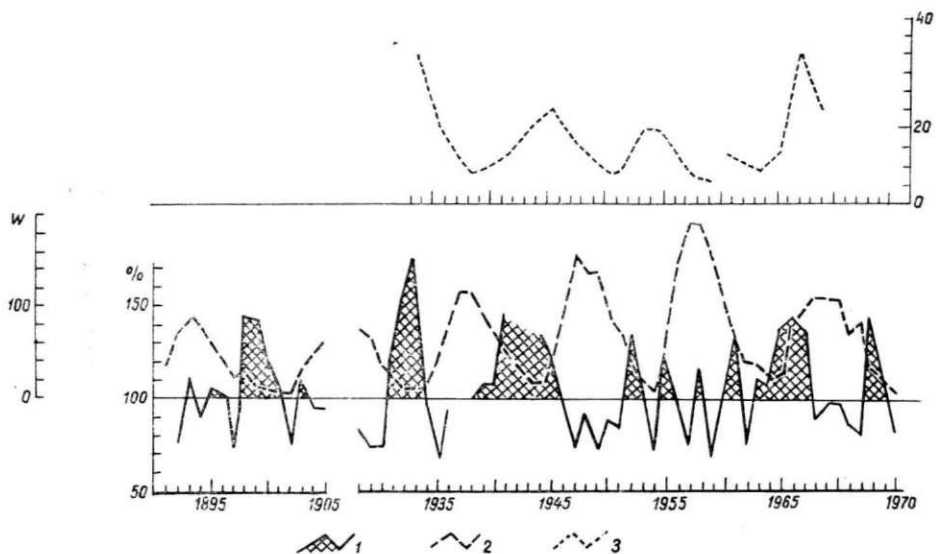
citu iestāžu un valstu astronomiem, — no pašreizējiem 20% uz 50% vai pat vairāk.

E. Mūkins

## Susliki, nokrišņi un Saule

Savvaļas dzīvā daba pagaidām vēl ir atkarīga galvenokārt no ģeogrāfiskiem un klimatiskiem apstākļiem, līdz ar to rodas iespēja pētīt dzīvās dabas saites ar ārējās vides galveno noteicošo faktoru — mūsu Sauli un tās aktivitātes maiņām.

Volgas lejestecē allaž aktuāla ir stepju grauzēju epizootoloģiskā loma, jo grauzēji ir dažādu dzīvnieku sērgu pārnēsātāji. Tāpēc Saratovas institūtā «Mikrobs» A. Lavrovskis un N. Popovs ir salīdzinājuši susliku skaita izmaiņas ar nokrišņu līmeni un Saules aktivitāti un nākuši pie interesantiem secinājumiem ar praktisku nozīmi. Izrādās, ka samērā ilgā laika posmā — no 1891. gada līdz 1976. gadam — susliku skaits, gada nokrišņu summas atšķirība no vidējās normas un Saules aktivitāte ir likumsakarīgi saistīti savā starpā. Pat elementārs grafisks salīdzinājums rāda (1. att.), ka nokrišņu daudzums ziemeļrietumu Piekaspijā allaž stipri pieaug Saules aktivitātes 11 gadu cikla krituma posmā un šai posmā palielinās arī grauzēju skaits. Minētie periodi tāpat ir labvēlīgi grauzēju attīstībai. Turpreti Saules aktivitātes kāpuma laikā, kad minētajā reģionā rodas nokrišņu deficīts, grauzēju skaits samazinās. Šajos laika posmos galvenokārt pastāv meridionālā atmosfēras cirkulācija, kas izraisa Piekaspijā pavasaros krāsas temperatūras maiņas un pavasaros—vasarās — sausuma periodus. Šādi apstākļi nav labvēlīgi grauzēju mazuļu attīstībai, un to skaits attiecīgajā gadā samazinās. Interesanti, ka šī sakarība ir pastāvējusi visā aplūkotajā laika posmā, tāpat izpaudusies simtprocentīgi. Dažkārt grauzējiem labvēlīgi apstākļi iestājas arī Saules



1. att. Susliku skaita (3), nokrišņu summas atšķirību (1) un Volfa skaitļu (2) izmaiņas.

aktivitātes maksimumā, tomēr tas notiek tikai apmēram 50% gadījumu. Tāpēc līdztekus grauzēju attīstības regulārajiem, galvenajiem maksimumiem dažkārt iestājas arī sekundārie, zemākie, starpmaksimumi.

Iegūto sakarību matemātiskā pārbaude ir apliecinājusi, ka tām nav gadījuma raksturs. Tāpēc tās var izmantot prognostikā, nosakot periodus, kad var bīstami palielināties Piekaspijas epizootoloģiskais potenciāls. A. Lavrovskis un N. Popovs paredz, ka ziemeļrietumu Piekaspijā nākamo Saules aktivitātes ciklu kritumos — 1984.—1986. gadā un 1995.—1997. gadā — susliku skaits strauji palielināsies, bet Saules aktivitātes maksimumu gados iespējami tikai nelieli to skaita pieaugumi.

Līdz šim Saules aktivitātes maksimumu gaidījām iestājamies 1979. gada vidū, tāpēc arī minētie autori prognozē susliku skaita sekundāro maksimumu 1979. gada vasarā. Taču nesēn pazīstamais Saules pētnieks Dž. Ksantakiss (Grieķija) deva jaunu kārtējā Saules aktivitātes cikla maksimuma prognozi — tikai nākamā gada beigās. Saskaņā ar šo prognozi susliku skaits pieaugs tikai nākamgad. Tā kā Saules aktivitātes maksimumu (tāpat kā minimumu) var konstatēt tikai tad, kad tas jau pagājis, tad abas prognozes — gan attiecībā uz Sauli, gan attiecībā uz Piekaspijas grauzējiem — varēsīm pārbaudīt pēc 1—2 gadiem.

N. C i m a h o v i č a



## «VENĒRAS» UN «PIONEER» UZ VENĒRAS

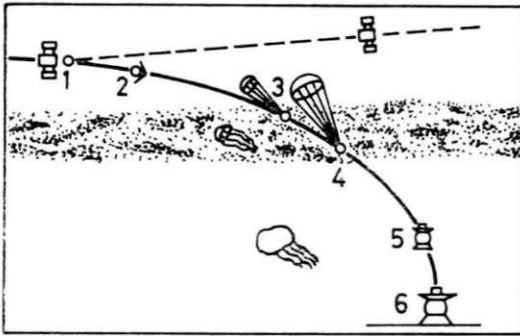
1978. gada beigās kosmonautikā iezīmējās ar vēl nepieredzētu aktivitāti mūsu Zemes tuvākās planētas izpētē: triju nedēļu laikā pie Venēras nonākot četrām automātiskajām stacijām, tās karsto un blīvo atmosfēru tieši zondēja seši dažāda lieluma nolaižamie aparāti, no kuriem trīs turpināja kādu laiku darboties arī uz planētas virsmas, bet orbitā ap šo debess ķermeni nonāca jauns mākslīgais pavadoņs.

**Padomju automātiskās stacijas «Venēra-11» un «Venēra-12»** gan zinātnisko uzdevumu, gan uzbūves ziņā bija tiešas pēcteces divām iepriekšējām — «Venērai-9» un «Venērai-10», kuras trīs gadus agrāk uzsāka šīs planētas kompleksus pētījumus, ieskaitot pirmo virsmas attēlu pārraidi, grunts un mākoņu segas īpašību mērījumus.<sup>1</sup>

Katra automātiskā stacija bija apgādāta ar vienu lielu nolaižamo aparātu (masa pāri par 1500 kg), kurš, gluži tāpat kā iepriekšējie, sastāvēja no diviem iekārtu un instrumentu nodalījumiem, vairākkaskādu izpletņu sistēmas, bremzējošā diska un nosēšanās balsta. Apakšējais nodalījums — sfēra ar aptuveni 1 m diametru — varēja nodrošināt tur izvietotajām ierīcēm pusotras stundas ilgu darbību pat ļoti bargajos Venēras virsmas apstākļos (ap +460°C un 90 atm!). Augšējam nodalījumam — vertikālam cilindram ar nedaudz mazāku diametru — vajadzēja pildīt šo funkciju tikai nolaišanās posmā līdz pat planētas virsmai (1975. gadā — līdz 8 atm līmenim, t. i., ~32 km augstumam).

Pārlidojuma laikā no Zemes līdz Venērai visa šī sarežģītā konstrukcija bija ietverta sfēriskā siltumaizsardzības čaulā ar aptuveni 2,5 metru diametru. Šādai neblīvi aizpildītai lodei planētas atmosfēra kosmisko ātrumu nobremzēja pietiekami strauji, lai čaulu nomest (pāršķeļot uz pusēm), atvērt izpletņus un uzsākt mērījumus varētu jau 63 km augstumā — gandrīz par 10 km lielākā nekā ar pirmās paaudzes «Venērām» (1967.—1972. g.). Pēc lēnas izlidošanas cauri mākoņu segai izpletņi tika nomesti, un nolaižamie aparāti, kurus bremzēja vairs vienīgi divarpusmetrīgais disks, ātri šķērsoja atmosfēras karstākos slāņus, šādi ietaupot laiku ilgākai darbībai uz planētas virsmas (1. att.). Pateicoties Venēras

<sup>1</sup> Skat. E. Mūkina rakstu «Venēras-9» un «Venēras-10» zinātniskais veikums» «Zvaigžņotās debess» 1976./77. gada ziemas laidienā, 33.—37. lpp., kā arī informāciju pēc padomju preses materiāliem «Venēra-9 un 10»: daži papildu rezultāti» 1978. gada rudens laidienā, 29.—30. lpp.



1. att. «Venēras-11» un «Venēras-12» nolaišanās shēma: 1 — nolaižamā aparāta atdalīšanās no orbitālā, 2 — aerodinamiskā bremsēšanās atmosfēras augšējos slāņos, 3 — ārējo čaulu atdalošā izpletņa atvēršanās, 4 — bremsējošā izpletņa atvēršanās, 5 — nolaišanās bez izpletņa, 6 — nosēšanās uz Venēras. Iesvītrotais apgabals — Venēras mākoņu sega.

«gaisa» augstajam blīvumam (tikai 15 reizes mazāks nekā ūdenim!), nosēšanās ātrums tomēr nepārsniedza 8 metrus sekundē — pietiekami nedaudz, lai triecienu sekmīgi dzēstu apļveidīgais balsts — amortizators.

Neraugoties uz vispārējo līdzību ar «Venēru-9» un «Venēru-10», jauno nolaižamo aparātu konstrukcijā bija ieviestas vairākas izmaiņas ar nolūku paplašināt zinātnisko pētījumu programmu. Vienkāršota un samazināta izpletņu sistēma (bez pēdējās trīskupolu kaskādes) gan vēl vairāk saīsināja nolaišanās laiku, attiecīgi paildzinot darbību uz planētas virsmas, gan izbrīvēja vietu un svaru papildu zinātniskajam instrumentam (gāzu hromatogrāfam). Ar vēl citu, masas un gabarīta ziņā piemērotu instrumentu tika aizvietota arī t. s. centrējošā krava, kas piešķir aparatam stabilitāti aerodinamiskās bremsēšanās posmā, u. tml.

Tāpat kā 1975. gadā, arī «Venēras-11» un «Venēras-12» nolaižamie aparāti pārraidīja visus iegūtos datus nevis tiešā ceļā uz Zemi, bet gan uz tuvumā esošo orbitālo aparātu, kurš tos savukārt retranslēja tālāk uz mūsu planētu. Tā kā orbitālais aparāts bija apgādāts ar lielu virzienantenu, kuru varēja ar atbilstošiem aparāta manevriem pavērst precīzi uz Zemi, šāds sakaru paņēmieni ļāva sasniegt daudzkārt augstāku datu pārraides tempu nekā ar līdzvērtīgām iekārtām tiešo sakaru režīmā.<sup>2</sup> Otrkārt, pateicoties retranslācijai, nosēšanās vietas varēja izvēlēties arī no Zemes projām vērstajā Venēras puslodē.

Lai pagarinātu aerodinamiskās bremsēšanas ceļu un tādējādi samazinātu maksimālo pārslodzi (līdz apmēram 150 g, kur  $g$  — brīva kritiena paātrinājums uz Zemes), nolaižamos aparātus vajadzēja ieraidīt planētas atmosfērā stipri lēzenā leņķī — tikpat kā pa pieskari, kas savukārt prasīja visai precīzu aparātu kustības notēmēšanu. Tādēļ otrās paudzes «Venērām» bija izraudzīta oriģināla lidojuma shēma: vajadzīgajā trāpījuma trajektorijā savlaicīgi tika ievadītas pašas automātiskās stacijas, un pēc atdalīšanās no orbitālā aparāta (divas dienas pirms mērķa sasniegšanas) nolaižamais aparāts turpināja kustēties pa iepriekšējo, rūpīgi

<sup>2</sup> Tieši šis jauninājums 1975. gadā padarīja iespējamu ļoti svarīgu operāciju, kura prasa daudz augstāku informācijas pārraides tempu nekā praktiski jebkuri citi zinātniski mērījumi, — pirmo Venēras virsmas attēlu pārraidi.

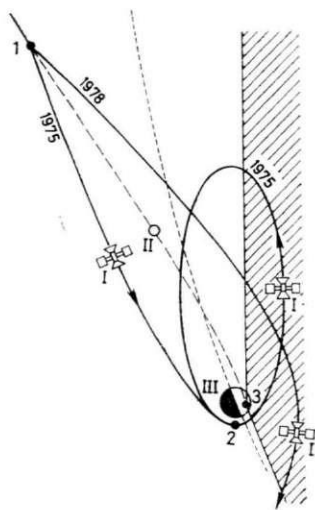
izmērīto un precīzi koriģēto trajektoriju. Orbitālais aparāts izvairījās no sadursmes ar planētu, drīz pēc atdalīšanās izmainot trajektoriju ar sava dzinēja palīdzību. Pēdējais manevrs gan prasīja relatīvi daudz degvielas (ātruma izmaiņa  $\sim 250$  m/s) salīdzinājumā ar parastu trajektorijas korekciju, toties ļāva iztikt bez speciāla dzinēja un stipri sarežģītas vadības iekārtas nolaižamajā aparātā.<sup>3</sup>

1975. gadā, kad apstākļi startam Venēras virzienā bija īpaši izdevīgi degvielas patēriņa ziņā, «Venēras-9» un «Venēras-10» orbitālie aparāti planētas pārlidojuma brīdī ( $\sim 1500$  km augstumā) ieslēdza dzinējus vēlreiz, samazinot lidojuma ātrumu jau par  $\sim 1000$  m/s un tādējādi pirmoreiz nonākot Venēras mākslīgo pavadoņu orbitās. Turklāt, lai nolaižamo aparātu darbības laikā atrastos to radioredzamības zonās, orbitālie aparāti tuvojās planētai no pretējās puses, parādoties virs nosēšanās vietu horizonta dažās minūtes pirms pārraides sākuma (2. att.).

1978. gadā, kad mazāk labvēlīgie lidojuma apstākļi lika samazināt nesējraķetes derīgo kravu, no automātisko staciju ievadīšanas pavadoņu orbitās nolēma atteikties, lai nebūtu jāsamazina nolaižamo aparātu masa un jāsašaurina to plašie zinātniskie uzdevumi. Šādā situācijā arī izrādījās enerģētiski izdevīgāk virzīt orbitālos aparātus gar to pašu planētas pusi, kurp devās nolaižamie aparāti, tikai krietni lielākā augstumā ( $\sim 35\,000$  km), lai līdz pat pārraides beigām paliktu nosēšanās vietas radioredzamības zonā (2. att.). Tā kā mūsdienās īslaicīgiem Venēras novērojumiem no pārlidojuma trajektorijas tik un tā īpašas nozīmes vairs nav, kopējo zinātnisko guvumu krasi pieaugušais attālums praktiski neietekmēja.

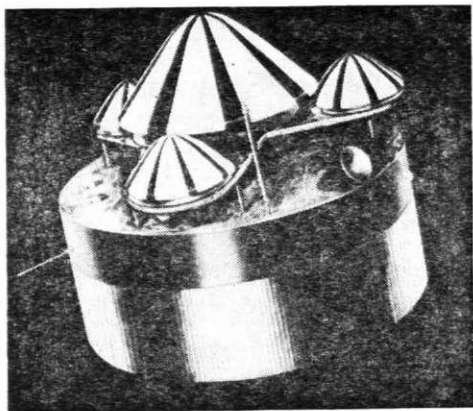
Pēc konstrukcijas abu jauno automātisko staciju orbitālie aparāti bija analogiski iepriekšējam otrās paaudzes «Venērām» un «Marsiem»: hermētisks korpuss ar aktīvu siltumregulēšanas sistēmu, pēc starta atverami Saules bateriju paneļi, pastāvīga orientācija telpā ar miniatūru reaktīvo dzinēju palīdzību utt.

**Amerikāņu automātiskās stacijas «Pioneer-12» un «Pioneer-13» jeb**



2. att. «Venēras-9 un 10» (1975. g.) un «Venēras-11 un 12» (1978. g.) manevru shēma Venēras apkārtnē: I — orbitālais aparāts, II — nolaižamais aparāts, III — Venēra; 1 — nolaižamā aparāta atdalīšanās, orbitālā aparāta pāreja uz pārlidojuma trajektoriju, 2 — orbitālā aparāta pāreja uz Venēras pavadoņa orbitu, 3 — nolaižamā aparāta nosēšanās uz Venēras. Iesvītrotais apgabals — nolaižamā aparāta radioredzamības zona.

<sup>3</sup> Nolaižoties uz Marsa, kur atmosfēra ir stipri retināta un ieejas leņķis nav īpaši kritisks pārslodzes ziņā, gan padomju «Marsos», gan amerikāņu «Vīkingos» tika pielietots tieši pretējais risinājums: uz trāpījuma trajektoriju pārgāja ar nelielu dzinēju un relatīvi vienkāršu vadības sistēmu apgādātais nolaižamais aparāts.



3. att. «Pioneer-13» jeb «Pioneer-Venus-2» ar četriem nolaižamajiem aparātiem.

devums bija papildināt šos datus ar tiešiem mērījumiem vienlaikus četrās planētas vietās, izmantojot vienu vidēji lielu (ap 300 kg) un trīs mazus (ap 100 kg) nolaižamos aparātus.<sup>5</sup>

Kaut arī abu automātisko staciju uzdevumi bija krasi atšķirīgi, pēc konstrukcijas tās bija stipri līdzīgas: iekārtas un instrumentus aptvēra viegls nehermētisks korpuss ar zema cilindra formu, kuram vajadzīgo siltumrežīmu un orientāciju telpā nodrošināja lēna rotācija ap Saules stariem perpendikulāro garenisko asi.

Tieši šī rotācija ap asi, kas aptuveni paralēla lidojuma trajektorijai, tika izmantota «Pioneer-13» nolaižamo aparātu virzīšanai uz dažādiem planētas punktiem. Devīppadsmit dienas pirms Venēras sasniegšanas, atdaloties gar cilindra ārmaļu nostiprinātajiem mazajiem aparātiem (3. att.), tie «centrbēdzes» spēka iespaidā nonāca jaunās, lēni attālinošās trajektorijās. Tikmēr uz rotācijas ass novietotais lielākais nolaižamais aparāts, kas bija atdalījies jau pirms piecām dienām, turpināja iepriekšējo ceļu, bet atlikusi sastāvdaļa — orbitālais aparāts ar dzinēju palīdzību tika pārtēmēts maksimāli lēzenai ieejai planētas atmosfērā, lai līdz sadegšanas brīdim ~120 km augstumā paspētu pārraidīt vairāk datu par tās augšējiem slāņiem.

«Pioneer-13» nolaižamie aparāti bija paredzēti tikai atmosfēras pētījumiem nolaišanās laikā un tādēļ samērā vienkārši pēc uzbūves: visi

<sup>4</sup> Saskaņā ar līdzšinējo NASA tradīciju atsevišķām starpplanētu lidojumu programmām nosaukumi tika veidoti pēc principa «lidaparāta tips — planētas nosaukums — starta gads» (piem., «Pioneer-Venus-78»), bet pašiem lidaparātiem — «tips—pieaugošs kārtas numurs». Šoreiz tradīcija pēkšņi lauzta, piešķirot tiem oficiālos nosaukumus «Pioneer-Venus-1 un 2», taču literatūrā paspējuši ieviesties arī neoficiālie «Pioneer-12 un 13», kurus īsuma labad lietosim arī turpmāk.

<sup>5</sup> Par programmas «Pioneer-Venus» zinātniskajiem mērķiem skat. E. Mūkina rakstu ««Pioneer-12 un 13» mērķi un uzdevumi» «Zvaigžņotās debess» 1978./79. gada ziemas laidienā, 33.—37. lpp.

«Pioneer-Venus-1» un «Pioneer-Venus-2»<sup>4</sup> bija pirmie šajā valstī uzbūvētie kosmiskie aparāti, kuriem vajadzēja pētīt Venēru nevis īslaicīga pārlidojuma gaitā, bet gan no maksimālā pavadoņa orbītas un ar nolaižamajiem aparātiem. Sakarā ar pasākuma pieticīgo apjomu un pagājušā gada samērā neizdevīgo «starta logu» katrai automātiskajai stacijai bija jāveic tikai viens no minētajiem uzdevumiem. «Pioneer-12» bija lemts planētas pārlidojuma brīdī (tikai ~200 km augstumā!) kļūt par tās trešo mākslīgo pavadoņu, lai pēc tam astoņus mēnešus ilgi novērotu no cieša tuvuma Venēru un tās apkārtni. «Pioneer-13» uz-

tiešiem mērījumiem vienlaikus četrās planētas vietās, izmantojot vienu vidēji lielu (ap 300 kg) un trīs mazus (ap 100 kg) nolaižamos aparātus.<sup>5</sup>

Kaut arī abu automātisko staciju uzdevumi bija krasi atšķirīgi, pēc konstrukcijas tās bija stipri līdzīgas: iekārtas un instrumentus aptvēra viegls nehermētisks korpuss ar zema cilindra formu, kuram vajadzīgo siltumrežīmu un orientāciju telpā nodrošināja lēna rotācija ap Saules stariem perpendikulāro garenisko asi.

Tieši šī rotācija ap asi, kas aptuveni paralēla lidojuma trajektorijai, tika izmantota «Pioneer-13» nolaižamo aparātu virzīšanai uz dažādiem planētas punktiem. Devīppadsmit dienas pirms Venēras sasniegšanas, atdaloties gar cilindra ārmaļu nostiprinātajiem mazajiem aparātiem (3. att.), tie «centrbēdzes» spēka iespaidā nonāca jaunās, lēni attālinošās trajektorijās. Tikmēr uz rotācijas ass novietotais lielākais nolaižamais aparāts, kas bija atdalījies jau pirms piecām dienām, turpināja iepriekšējo ceļu, bet atlikusi sastāvdaļa — orbitālais aparāts ar dzinēju palīdzību tika pārtēmēts maksimāli lēzenai ieejai planētas atmosfērā, lai līdz sadegšanas brīdim ~120 km augstumā paspētu pārraidīt vairāk datu par tās augšējiem slāņiem.

«Pioneer-13» nolaižamie aparāti bija paredzēti tikai atmosfēras pētījumiem nolaišanās laikā un tādēļ samērā vienkārši pēc uzbūves: visi

zinātniskie instrumenti atradās sfēriskā izturīgā korpusā, kurš savukārt bija ievietots daudz lielākā aerodinamiskās brenzēšanas konusā, lai varētu iespējami strauji dzēst ātrumu un uzsākt mērījumus jau 67 km augstumā. Mazie nolaižamie aparāti šādā konfigurācijā lidoja līdz pat planētas virsmai, kuru sasniedza ar ātrumu 10 metri sekundē. Lielākajam aparātam līdzīgi padomju «Venērām» aerodinamiskās brenzēšanas apvalks (konuss) tika nomests un nolaišanos cauri mākoņu slānim paildzināja neliels izpletis. Taču vēlāk, kad tas atdalījās, aparāts turpināja ceļu lejup bez kādas kustību palēninošas ierīces un sasniedza Venēras virsmu ar manāmi lielāku ātrumu — 12 metri sekundē. Ne ar kādiem amortizatoriem nosēšanās trieciena mīkstināšanai neviens nolaižamais aparāts apgādāts nebija, un to darbība uz Venēras virsmas lidojuma nominālajā programmā neietilpa.

Cetriem nolaižamajiem aparātiem vienlaikus sasniedzot gandrīz diametrāli pretējus planētas punktus, turklāt praktiski reizē ar orbitālo aparātu, radioredzamības apstākļi bija nelabvēlīgi iegūto datu pārraidei retranslācijas režīmā. Tādēļ visu aparātu tēmējuma punkti bija izraudzīti Zemei pievērstajā Venēras puslodē, bet tiešajiem sakariem vajadzīgo efektivitāti nācās nodrošināt ar dažādiem tehniskiem uzlabojumiem. Bez tam sakarā ar stāvajiem ieejas leņķiem Venēras atmosfērā un bremzējošo konusu pamatīgajiem izmēriem, nolaižamo aparātu konstrukciju vajadzēja paredzēt visai augstām pārslodzēm (pāri par 300g lielākajam un gandrīz 600g mazākajiem).

**Visas četras automātiskās stacijas** sasniedza Venēras tuvāko apkārtni 1978. gada decembrī. Vispirms 4. decembrī paredzētajā orbitā ap planētu iegāja «Pioneer-12», kurš bija ceļā apmēram trīs mēnešus ilgāk nekā pārējās automātiskās stacijas. Piecas dienas vēlāk, 9. decembrī Venēras atmosfērā gandrīz stundu ilgus mērījumus veica visi četri «Pioneer-13» nolaižamie aparāti — lielākais un viens no mazajiem planētas rīta joslā, abi pārējie — nakts pusē dažādos platumā grādos. Viens no mazajiem aparātiem izturēja neamortizēto triecienu pa Venēras virsmu un darbojās tur vēl 67 minūtes.

Padomju automātiskās stacijas sakarā ar trajektoriju īpatnībām ieradās pie mērķa otrādā kārtībā — 21. decembrī «Venēra-12» un 25. decembrī «Venēra-11». Nolaižamo aparātu ceļš cauri atmosfērai noritēja saskaņā ar plānu un ilga nepilnu stundu, noslēdzoties ar nosēšanos planētas dienas pusē, 800 km attālumā vienas no otra. Uz Venēras virsmas aparāti turpināja nolaišanās gaitā uzsāktos mērījumus rekordilgu laiku — 95 minūtes «Venēra-11» un 110 minūtes «Venēra-12».

Šie padomju un amerikāņu nolaižamie aparāti krietni paplašinājuši un padziļinājuši mūsu priekšstatus par Venēras atmosfēru un mākoņu segu. Vispirms jau ar masspektrometriem un gāzu hromatogrāfiem, kas bija uzstādīti trijos lielākajos aparātos, nolaišanās laikā pirmoreiz noteikts Venēras atmosfēras mazāko sastāvdaļu daudzums; ūdens tvaiku koncentrācija turklāt novērtēta arī citā veidā — ar padomju nolaižamo aparātu optiskajiem spektrometriem. Izrādās, ka bez ogļskābās gāzes atmosfēras blīvākie slāņi satur vēl dažus procentus slāpekļa (kā to norādīja jau agrāko «Venēru» mērījumi), procenta desmitdaļas vai simt-

daļas ūdens tvaiku, argona, sēra dioksīda un skābekļa, procenta tūkstošdaļas oglekļa oksīda (tvana gāzes) un vēl mazāk neona un kriptonu. (Pirmās provizoriskās apstrādes gaitā vēl nebija izdevies panākt pilnīgu skaitlisku saskaņu starp dažādu instrumentu datiem, tādēļ norādīt precīzas vērtības šobrīd nav iespējams.) Turklāt ūdens tvaiku, sēra dioksīda un skābekļa daudzums ir stipri mainīgs, acīmredzot atmosfērā norītošu fotoķīmisku procesu dēļ.

Kā parādījuši «Pioneer» orbitālo aparātu masspektrometri, šāds Venēras «gaisa» sastāvs vispārējos vilcienos saglabājas līdz ~145 km augstumam. (Virš šīs robežas, kur planētas atmosfēru vairs pietiekami nesaļauc vēji, smagākajiem atomiem un molekulām koncentrācija dilst līdz ar augstumu daudz straujāk nekā vieglākajiem.)

Ar nolaižamo aparātu masspektrometriem reģistrēti arī atsevišķi argona izotopi — gan pirmatnējie  $^{36}\text{Ar}$  un  $^{38}\text{Ar}$ , gan sekundārais  $^{40}\text{Ar}$ , kurš rodas radioaktīvā kālija sabrukšanas gaitā. Izrādās, ka uz Venēras abu izcelsmju izotopi sastopami aptuveni vienādā daudzumā, kamēr Zemes atmosfēra satur 300 reizes vairāk  $^{40}\text{Ar}$  nekā  $^{36}\text{Ar}$  un  $^{38}\text{Ar}$  kopā. Tas nozīmē, ka gāzu izdalīšanās no iežiem uz Venēras noritējusi pavisam citādāk nekā uz mūsu planētas.

Ar nefelometriem, kas bija uzstādīti visos sešos nolaižamajos aparātos, precizēts Venēras mākoņu blīvums, tos veidojošo daļiņu lielums un optiskās īpašības. Daļiņu ķīmiskā sastāva pētīšanai izmantoti jau pieminētie gāzu hromatogrāfi, bet vienā no padomju aparātiem šādā lomā izmēģināts arī rentgenstaru fluorescences spektrometrs<sup>6</sup>. (Šim nolūkam tas bija apgādāts ar speciālu analizatoru bloku, kas ietvēra miniatūru gaisa sūkni un filtru daļiņu uzkrāšanai.) Tiešie mērījumi apstiprinājuši jau agrāk izteikto hipotēzi, ka mākoņus veido galvenokārt koncentrētas sērskābes pilieniņi ar sēra putekļu piejaukumu, turklāt vislielākais daļiņu daudzums un dažādība sastopama šaurā slānī 49 līdz 52 km augstumā, t. i., pie mākoņu segas pašas apakšējās robežas; redzamības attālums tur ir mazāks par vienu kilometru.

Visbeidzot, ar zemfrekvences radiouztvērējiem, kas bija uzstādīti padomju nolaižamajos aparātos, reģistrēti intensīvi un visai savdabīgi radiotrokšņi, kuri liecina par elektriskām izlādēm Venēras atmosfērā. (Akustiskie trokšņi, kas reģistrēti ar mikrofoniem, acīmredzot saistīti ar pašiem nolaižamajiem aparātiem.)

Tālākās apstrādes gaitā šeit uzskaitītie provizoriskie secinājumi neapšaubāmi tiks precizēti un papildināti ar jauniem. Bez tam papildu atziņas par Venēras virsmu, atmosfēru, mākoņiem un apkārtni noteikti sniegs arī ilgstošie novērojumi (ieskaitot virsmas radiolokāciju) no planētas jaunā mākslīgā pavadoņa.

E. Mūkins

---

<sup>6</sup> Līdz šim rentgenstaru fluorescences spektrometri pielietoti vienīgi grunts ķīmiskā sastāva noteikšanai («Lunohodos» uz Mēness un «Vikingos» uz Marsa).

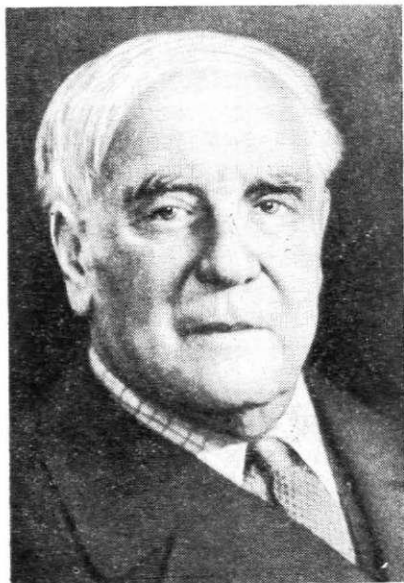




## apbalvojumi

Pagājušā gada decembrī Stokholmā pasnie-  
dza 1978. gada Nobela prēmijas par izciliem  
sasniegumiem dažādās zinātnēs. Prēmija  
fizikā bija dalīta. Pusi saņēma ievērojama  
padomju fiziķis Pjotrs Kapica, otru pusi —  
ASV zinātnieki Arno Penziass un Roberts  
Vilsons.

### AKADĒMIĶIS P. KAPICA — NOBELA PRĒMIJAS LAUREĀTS



Akadēmiķis P. Kapica.

Akadēmiķis Pjotrs Kapica, kuram  
šovasar apritēs 85 gadi (dzimis  
1894. g. 9. jūlijā), ir viens no popu-  
lārākajiem un neparastākajiem fi-  
ziķiem pasaulē. Par viņa oriģinali-  
tāti un «divainajiem» paņēmieniem  
eksperimentālajā, organizatoriskajā  
un pedagoģiskajā darbā var lasīt  
gan viņa paša, gan kolēģu atmi-  
nās, dzirdēt fiziķu nerakstītājā fol-  
klorā.

Savu oriģinalitāti un asprātību  
eksperimentā viņš apliecināja jau  
pirmajā zinātniskajā darbā. Lai  
iegūtu ļoti tievu augstas kvalitātes  
kvarca diegu fizikāliem eksperimen-  
tiem, Kapica ieteica kvarcu izkau-  
sēt un, turot to tuvu sacietēšanas  
temperatūrai, ar loka palīdzību iz-  
šaut no kausējuma tajā iemērktu  
bultu. Un tā gandrīs katrā viņa  
eksperimentā bija kaut kas nepa-  
rasts. Šīs īpašības dēļ Kapica bija  
viens no izcilā fiziķa, arī Nobela  
prēmijas laureāta, E. Rezerforda  
mīļākajiem skolniekiem. 13 gadus —  
no 1921. līdz 1934. gadam — viņi  
nostrādāja kopā slavenajā Kaven-

diša laboratorijā Kembridžas universitātē Anglijā. Kad 1924. gadā Kapica ierosināja pētīt vielu īpašības 300 kiloerstedu stiprā magnētiskajā laukā, daudzi grozīja galvas. Lai iegūtu tik stipru magnētisko lauku, cauri milzīgai spolei jālaiž strāva, kas vadus uzkaršētu līdz 10 000 °C. Šādā temperatūrā metāli ne tikai izkūst, bet arī pārvēršas plazmā. Kapica atrada izeju; viņš uzkonstruēja generatoru, kas šīs milzīgās strāvas deva tikai vienu sekundes simtdaļu. Tik īsā laikā vadi neuzkarsa. Taču P. Kapicas lielākais ieguldījums fundamentālajos pētījumos ir saistīts ar šķidro hēliju. Vēl strādādams Kembridžā, viņš radīja oriģinālāku metodi, kā sašķidrināt hēliju. Bet 1937. gadā Maskavā asprātīgu un uzskatāmu eksperimentu sērijā Kapica parādīja, ka temperatūrā zem 2,19 °K šķidrā hēlija viskozitāte (iekšējā berze) tiktāl samazinās, ka var uzskatīt — šajā stāvoklī berzes nav. Kapica šo parādību nosauca par supraplūstamību. Ļoti rūpīgos turpmākajos eksperimentos viņš nonāca pie fundamentāla atklājuma, ka var vienkop pastāvēt divi šķidrumi — viens normāls, otrs supraplūstošs. Šie šķidrumi var brīvi, bez berzes pārvietoties viens pa otru. Ar šo atklājumu sākās jauns virziens zinātnē — kvantu šķidrumu fizika. Bez tam 1941. gadā Kapica atklāja, ka uz robežas «cietviela—šķidrā hēlijs» siltuma plūsmas ietekmē rodas temperatūras lēcieni. Šī parādība nosaukta Kapicas vārdā. Savā turpmākajā zinātniskajā darbībā Kapica pievērsās lieljaudas elektronikai un plazmas fizikai. Par šiem pētījumiem viņš izpelnījies zinātniskās pasaules un mūsu sabiedrības augstu novērtējumu. Kapica ir divkārtējs

PSRS Valsts prēmijas laureāts un divkārtējs Sociālistiskā Darba Varonis, daudzu ārzemju zinātņu akadēmiju loceklis. Viņš devis arī lielu ieguldījumu praksē. Pēc Kapicas metodes tagad šķidro skābekli metalurģijas vajadzībām iegūst visā pasaulē.

Kapicu ieraugām neparastu arī Nobela prēmijas laureātu vidū. Tik sirmā vecumā šo prēmiju līdz šim neviens fiziķis nebija saņēmis. Vidējais vecums, kurā saņem Nobela prēmiju fizikā, ir 46—50 gadi. Supraplūstamību Kapica atklāja 43 gadu vecumā, bet «Kapicas lēcieni» — 47 gadu vecumā. Viņa kā Nobela prēmijas laureāta likteni var salīdzināt ar kvantu mehānikas pamatlicēja M. Borna likteni: Borna skolnieks V. Heizenbergs par kvantu mehānikas radīšanu Nobela prēmiju saņēma 1932. gadā, bet Borna pats tikai 1954. gadā; akadēmiķis Ļ. Landaus par šķidrā hēlija teoriju, kas balstījās uz P. Kapicas eksperimentiem, Nobela prēmiju saņēma 1962. gadā, t. i., 16 gadus agrāk nekā Kapica.

Par P. Kapicas daudzpusīgo darbību fizikā, zinātnes organizēšanā varētu stāstīt gari un plaši. Taču viņš pats raksta tik saistoši, ka interesentiem vislabāk būtu palasīt grāmatu: П. Л. Капица. Эксперимент, теория, практика. М., «Наука», 1977.

T. Romanovskis

## **NOBELA PRĒMIJA RELIKSTAROJUMA ATKLĀJĒJIEM**

Arno Penziasa un Roberta Vilsona atklājumu uzskata par visnozīmīgāko sasniegumu astronomijā pēdējo 20 gadu laikā.



1929. gadā ASV astronoms E. Habls (Edvin Hubble), publicējis nelielu rakstu, droši vien nevarēja pat iedomāties, ka ar šo darbu viņa vārds uz visiem laikiem ieis zinātnes vēsturē. Habls bija atklājis, ka visas galaktikas Visumā cita no citas attālinās, un, jo tālāk no mums kāda galaktika atrodas, jo lielākā ātrumā tā no mums attālinās. Šī galaktiku «bēgšana» apstiprināja jau agrāk teorētiski formulēto koncepciju par Visuma izplešanos. Šādu Visuma modeli XX gs. sākumā izvirzīja holandiešu astronoms V. de Sitters, balstīdamies uz Einšteina vispārīgo relativitātes teoriju. Bet, tā kā V. de Sittera modelis astronomus pilnīgi neapmierināja, par Visuma izplešanās teorijas autoriem uzskata beļģu astronomu mācītāju Ž. Lemetru un it īpaši — padomju matemātiķi A. Fridmanu, kuri noformulēja matemātiski dažus nestacionārus Visuma modeļus.

Habls pierādīja šīs teorijas pareizību, kurai ir ļoti svarīgs, bet grūti izprotams rezultāts: Visumam, kuru mēs pazīstam un pētam, kād-

reiz bijis sākums, un var pat aprēķināt, cik sen tas ir bijis. Pēc novērotās galaktiku attālināšanās varēja secināt, ka «viss» ir sācies pirms 15—20 miljardiem gadu. Laiks ārkārtīgi liels, grūti iedomājams, bet ne bezgalīgs. Tāpēc ir saprotams nākamais jautājums: kas ir bijis pašā sākumā? Pašlaik visizplatītākā ir Lielā sprādziena teorija, pēc kuras Visums ir radies milzīga sprādziena rezultātā un tāpēc līdz šai dienai matērija turpina izplesties. Bet jautājumu par to, kas bijis pirms tam un kāpēc viss ir sācies, zinātnieki uzskata par bezjēdzīgu. Sākuma momentā neeksistēja ne laiks, ne telpa, un mums zināmie dabas likumi nebija spēkā. Pareizāk būtu teikt, ka izplešas nevis pats Visums, bet gan telpa.

Zinātne, neizskaidrojama sprādziena cēloni, apraksta pirmos un nākamos mirkļus pēc sprādziena. 1947. gadā ASV fiziķis teorētiķis G. Gamovs, pēc izcelsmes krievs, atzīmēja, ka Lielajam sprādzienam būtu vajadzējis atstāt kādas pēdas, vajadzētu palikt starojuma veida enerģijai, kas pašlaik būtu sadalīta

kosmiskajā telpā vienmērīgi (to tagad bieži sauc par relikststarojumu). Visumam izplešoties, starojuma temperatūrai vajadzēja nepārtraukti kristies, un šodien, pēc vairākiem miljardiem gadu, tai vajadzētu būt ap  $-270^{\circ}\text{C}$ , t. i., tikai dažus grādus augstākai par absolūto nulli (daži grādi Kelvina skalā).

Tā kā šāds starojums ilgāku laiku netika konstatēts, G. Gamova rezultātu pamazām aizmirsā. Un tikai 1964. gadā jauno ASV teorētiķu grupa — R. Dike, P. Rolls, P. Pibls un D. Vilkinsons — izstrādāja precīzāku relikststarojuma teoriju un aprēķināja, kā šo starojumu varētu konstatēt. Bet atklāt relikststarojumu neizdevās arī viņiem.

Tajā pašā laikā netālu no Prinstonas, pazīstamās firmas «Bell Telephone» laboratorijā Holmdelā divi zinātnieki pētīja antenu, kas bija domāta ZMP «Eho»<sup>1</sup> atstaroto radiosignālu uztveršanai. Tie bija A. Penziass, 45 gadus vecs astrofizikis, kurš 1940. gadā pārcēlies no Vācijas, un R. Vilsons, 42 gadus vecs pazīstams antenu un radiosignālu uztveršanas speciālists. Jaunā antena, kuru viņi pētīja, pēc formas atgādināja ragu un bija dzelzceļa vagona lielumā. Bija gaidāms, ka šāda antena varēs uztvert sig-

<sup>1</sup> «Eho» — pavadoņi, kas bija domāti starpkontinentālo sakaru nodibināšanas eksperimentiem. Pavadoņu korpusu izgatavoja no speciālas plastmasas plēves, kuras biezums bija tikai 9 mikroni. Plēvi no abām pusēm pārklāja ar 4,57 mikronus biezu alumīnija kārtu, kas ļoti labi atstaro radioviļņus. Izmests no konteina kosmiskajā telpā, šāds pavadoņš uzpūtās un pārvērtās par lielu balonu.

nālus praktiski bez traucējumiem. Taču aparatūra nepārtraukti uztvēra kādu nezināmu signālu, visu laiku bija dzirdams nepatīkams svilpiens. Penziass un Vilsons vairākus mēnešus jauca laukā, tīrīja un atkal lika kopā ierīces detaļas. Nekas nelīdzēja. Beidzot antenā konstatēja ligzdu ar diviem baložiem, un abi zinātnieki iepriecināti nolēma, ka kļūme ir sameklēta. Bet viņu prieks neturpinājās ilgi. Ieslēdzot aparāturu, atkal bija dzirdams tas pats svilpiens, visas 24 stundas diennaktī, neatkarīgi no antenas virziena. Un tikai gadījums izglāba antenu no nodošanas lūžņos. Reiz Penziass, braukdams lidmašīnā, pastāstīja savam ceļabiedram par nepatīkšām ar antenu. Ceļabiedrs izrādījās fizikis no Prinstonas un tūlīt atcerējās Dikes grupas pētījumus. Kad Dike uzzināja par šo sarunu, viņš nekavējoties devās uz Holmdelu un pārliecinājās par to, ko bija nojautis jau agrāk: Penziassam un Vilsonam bija laimējies uztvert relikststarojumu. Viņi bija pirmie cilvēki, kam izdevies «dzirdēt» Lielā sprādziena atbalsi. Dike atceras, kā, sapratuši šo faktu, visi klātesošie ilgu laiku stāvēja klušumā.

Reliktstarojuma atklāšana ir atzīta par visnopietnāko pierādījumu tam, ka Lielā sprādziena teorija ir pareiza, kā arī tam, ka Visums ir homogēns un izotropisks. Un tagad šī atklājuma tiešie autori Penziass un Vilsons saņēmuši Nobela prēmiju. Bet Dike un viņa grupa netika atzīmēti, kaut gan var domāt, ka bez viņu pētījumiem šis atklājums nebūtu bijis iespējams.

J. F r a n c m a n i s



## FERMĀ LIELĀ TEORĒMA

**NATĀLIJA CIMASHOVIČA** | Šis raksts nav domāts kā aicinājums. Par Fermā lielo teorēmu — pašu populārāko no skaitļu teorijas problēmām, ko pazīst arī ļaudis, kas citādi ar matemātiku nemēdz nodarboties, — īpaši ieinteresēt nevajag. Kā redzēsīm, vienā ziņā to darīt ir pat kaitīgi. Labāk lai raksts zināmā mērā ir biedinājums vieglu panākumu kārotājiem, atgādinājums, ka matemātikā neko nevar iesākt... bez matemātikas.

### Neatstātais brīnišķīgais pierādījums

Problēmas vēsturiskais iesākums saistīts ar kādu 1621. gadā izdotu grāmatu — sengrieķu autora Diofanta aritmētikas tulkojumu franču valodā.

**SAIMONS  
FLEGS  
UN  
VELNS**

### ARTURS PORDŽESS

#### Stāsts

Piesaukt velnu Saimonam Flegam izdevās tikai pēc vairākiem mēnešiem, kad viņš bija izstudējis neskaitāmus izbalējušus manuskriptus. Nenovērtējams palīgs bija izrādījusies Saimona sieva, lieliska viduslaiku zinātnieka. Viens pats viņš, būdams tikai matemātiķis, ar šiem latīņu tekstiem, kurus palaikam vēl sarežģīja reti X gadsimta demonoloģijas termini, nebūtu ticis nekādā galā. Misis Flegas aprīņojamā izjūta bija gluži neaizstājama.

Ievērojamais franču matemātiķis Pjērs de Fermā (1601—1665) grāmatas lappuses malā atzīmējis vienādojumu

$$x^n + y^n = z^n, \quad (1)$$

piebilzdams, ka viņam izdevies atrast brīnišķīgu pierādījumu, ka, ja  $n > 2$ , šis vienādojums veselos skaitļos  $\neq 0$  nav atrisināms. (Ar  $n=2$  šis vienādojums ir iespējams (piemēram,  $3^2 + 4^2 = 5^2$ ), un tā vispārīgo atrisinājumu attiecībā uz šo gadījumu pazinis jau Pitagors un senie indieši.)

Savu brīnišķīgo pierādījumu Fermā nav nekur publicējis: vispārējas intereses par matemātiku tai laikā nebija, un nekādi periodiski matemātiski izdevumi neiznāca. Nedaudzie Eiropas matemātiķi savā starpā sazinājās ar vēstulēm, uzdodami viens otram jautājumus, kuru raksturs vairāk atgādināja spēli vai sportu nekā sistemātiskus zinātniskus pētījumus. Arī par Fermā darbiem galvenokārt zinām no viņa plašās sarakstes. Fermā matemātiskie darbi un vēstules izdoti 1679. gadā Tulūzā; 1861. gadā Berlīnē tie izdoti atkārtoti.

Starp Fermā atstātajām piezīmēm un vēstulēm pierādījumu neatrada. Viņa papīros atrada tikai  $x^4 + y^4 = z^4$  neiespējamības pierādījumu, un tas ir vispār vienīgais palikušais Fermā pierādījums skaitļu teorijā.

Gandrīz visi Fermā apgalvojumi vēlāk ir apstiprinājušies, tikuši pierādīti. Vienīgi apgalvojums par vienādojumu (1) — tagad to sauc par Fermā pēdējo jeb lielo teorēmu — ir palicis nepierādīts. Negribas ticēt, ka tāda vēriena matemātiķis būtu pierādījumā kļūdījies. Kopā ar B. Paskālu (1623—1662) Fermā lika pamatus varbūtību teorijai, vienlaicīgi ar R. Dekartu (1596—1650) deva analītiskās ģeometrijas pamatus. Fermā atrada maksimumu—minimumu noteikšanas metodi, no kuras vēlāk radās bezgalīgi mazo lielumu rēķini. Tomēr nozīmīgākie rezultāti viņam ir skaitļu teorijā.



Pēc iepriekšējām savstarpējām nelaipnībām Saimons un velns apsēdās pie galda, lai sāktu nopietnas sarunas. Viesis no elles kļuva aizvien drūmāks, jo Saimons nicīgi atraidīja pat viskārdinošākos priekšlikumus, bez grūtībām saskatīdams, kādas nāves briesmas ikviens no tiem sevī slēpj.

## «Izaicinājums cilvēka prātam»

Lielākie matemātiķi pēc Fermā, kā L. Eilers (1707—1783), A. Ležandrs (1752—1833), K. Gauss (1777—1855), E. Kummers (1810—1893), un jaunākā laikā neskaitāmi neaicināti diletanti ar maziem panākumiem vai bezsekmīgi pūlējušies šo teorēmu pierādīt. Amerikāņu matemātiķa Diksona izdotajā skaitļu teorijas vēstures grāmatā atreferēti vairāk nekā 300 darbu (publicēti līdz 1920. gadam), kuros mēģināts pierādīt Fermā teorēmu. Izņemot  $n=4$ , nevienam citam kāpinātājam elementāru pierādījumu atrast nav izdevies. Cik viegli te var nokļūt uz maldu ceļiem, redzam no tā, ka pat tādi autori kā A. Koši (1789—1857), A. Ležandrs, Ž. Lamē, E. Likā, F. Lindemans un citi savā laikā šīs teorēmas pierādīšanā ir kļūdušies. E. Likā šo teorēmu pat nosauca par «izaicinājumu cilvēka prātam». Zinātņu akadēmijas ir vairākkārt izsolījušas Fermā teorēmu par godalgas tēmu, piemēram, franču akadēmija 1823. gadā un beļģu akadēmija 1883. gadā. Tomēr patlaban sakarā ar dau-



*E. E. Kummer*

— Bet vai dažādības labad jūs tagad neuzklausītu manu priekšlikumu? — beidzot vaicāja Saimons. — Taja vismaz nav nekādu slazdu.

Velns uzbudināti patirināja divstaraino astes galu, it kā tas būtu atslēgu saišķis. Viņš bija acīm redzami apvainojies.

— Var jau arī, — viņš pikti piekrita. — Par ļaunu tas nenāks. Speriet vaļā, mister Saimon!

— Es jums uzdošu tikai vienu jautājumu, — Saimons iesāka, un velns kļuva jautrāks. — Jums uz to būs jāatbild divdesmit četrus stundu laikā. Ja neizdosies, maksāsiet man simttūkstoš dolāru. Tas ir pieticīgi prasīts — jūs jau esat pieradis pie nesalīdzināmi lielākiem mērogiem. Nē, nekādus miljardus, nekādas trojiešu Helēnas uz tīģerādas. Protams, ja es būšu uzvarējis, atriebties jūs nedrīkstēsiet.

— Paskat tikai! — sātans norūca. — Bet kāda ir jūsu likme?

— Ja es zaudēšu, tad uz neilgu laiku kļūšu par jūsu vergu. Taču, lai nebūtu nekādu mocību, dvēseles bojāejas un tamlīdzīgi — tas būtu mazliet par daudz pret tādu nieku kā simttūkstoš dolāru. Nevēlos arī, ka notiktu kas ļauns maniem radiem vai draugiem. Tiesa gan, — mirkli padomājis, viņš piebilda, — tur var būt izņēmumi.

Velns rauca uzacis, sirdīgi raustīdams sevi aiz astes galiņa. Beigās viņš parāva tik stipri, ka sāpēs pat sašķobījās, un kategoriski paziņoja:

dzajiem nespeciālistu mēģinājumiem, kuri nonāk zinātniskajās iestādēs un kuru izskatīšana lieki noslogotu to personālu, Fermā lielās teorēmas «pierādītāju» iesniegumi vairs tikpat kā netiek aplūkoti (līdzīgi «mūžīgā dzinēja» idejām).

No vienas puses, Fermā lielajai teorēmai nav ne principiālas nozīmes, ne arī svarīgu izlietojumu citās skaitļu teorijas problēmās, un, ja beidzot tiktu publicēts pilnīgs pierādījums, līdz ar to zustu sabiedrības vispārīgā interese par šo teorēmu. Bet, no otras puses, Fermā teorēma ir visvienkāršākais uzdevums, kas saista savā starpā pirmā un otrā veida aritmētiskās operācijas, t. i., saskaitīšanu un kāpināšanu. Interesi par Fermā teorēmu uztur grūtības, ar kādām sastopas, mēģinot to pierādīt. Pēdējā apstākļa pamatā ir problēmas aditīvais un negatīvais raksturs: ir jāpie-rāda, ka tāda aditīva sakarība veselieiem skaitļiem nav iespējama.

### Pirmās bezdelīgas, kas pavasari nenesa

Fermā teorēmas vienkāršāko gadījumu, ar  $n=4$ , pierādīja Eilers 1747. gadā. Teorēmas pareizība pārējos gadījumos acīmredzot būtu pierādīta, ja vien izdotos pierādīt, ka tā ir pareiza visos gadījumos, kur  $n$  ir nepāra pirmskaitlis  $=p$ . Piemēram, Fermā teorēma ir pareiza kāpinātājam  $n=3$  (pierādījumu publicēja Eilers 1770. g.), tātad arī visiem kāpinātājiem  $n=3k$ , kas dalās ar 3. Tas tādēļ, ka vienādojumu  $x^{3h} + y^{3h} = z^{3h}$  var pār-rakstīt par  $(x^h)^3 + (y^h)^3 = (z^h)^3$ . Šī apstākļa dēļ pietiek, ka aplūko vienā-dojumu

$$x^p + y^p = z^p, \quad p \geq 3, \quad xyz \neq 0. \quad (2)$$

---

— Ļoti žēl, bet es nodarbojos tikai ar dvēselēm. Vergu man jau tā ir diezgan. Ja jūs zinātu, cik daudz pakalpojumu par velti un no tīras sirds man sniedz cilvēki, jūs būtu pārsteigts. Bet, lūk, ko es izdarišu. Ja es noteiktajā laikā nespēšu atbildēt uz jūsu jautājumu, jūs saņemsiet nevis nožēlojamus simttūkstoš dolārus, bet gan jebkuru summu — protams, ne pārāk traku. Bez tam es jums piedāvāju veselību un laimi līdz mūža galam. Ja turpretī es uz jūsu jautājumu atbildēšu — tad nu sekas jums zinā-mas. Lūk, tas ir viss, ko varu jums piedāvāt.

Viņš no gaisa paņēma aizdegtu cigāru un sāka to kūpināt. Iestājās spriegs klu-sums.

Saimons skatījās, neko sev priekšā neredzēdams. Uz pieres izsprāga lielas sviedru lāses. Viņš lieliski saprata, kādus noteikumus velns var izvirzīt. Sejas muskuļi sa-springa... Nē, viņš ir gatavs likt ķīlā dvēseli, ka neviens — ne cilvēks, ne zvērs, ne sātans — diennakts laikā uz viņa jautājumu neatbildēs.

— Punktā par veselību un laimi ietveriet arī manu sievu, un lai notiek! — viņš sacīja. — Parakstīsim līgumu.

Velns piekritoši palocīja galvu. Viņš izņēma no mutes nodeguli, paskatījās uz to ar riebumu un piedūrās tam ar smailnagainu pirkstu. Acumirkli nodegulis pārvērtās sātā piparmētru tablelē, un velns to sāka skaļi un ar acīm redzamu baudu sūkt.



Eilers, minēto gadījumu  $p=3$  pierādīdams, lieto skaitļu sistēmu, ko algebrā sauc par gredzenu:

$$a+b\sqrt{-3}, \quad (3)$$

kur  $a$  un  $b$  ir veseli skaitļi. Šādas metodes Fermā nepazina. Eilera pierādījums bija defektīvs, jo viņš bez pierādījuma pieņēma, ka skaitļi (3) sadalāmi tālāk nesadalāmos reizinātājos vienā vienīgā veidā.

Par to, ka atrasts Fermā teorēmas pierādījums kāpinātājam  $n=5$ , vienlaicīgi paziņoja Dirihlē un Ležandrs 1825. gadā; kāpinātājam  $n=7$  to atrada Lamē 1839. gadā.

## Divi gadījumi

Visām  $p$  vērtībām, kam Fermā teorēmu par vienādojumu (2) izdēvies pierādīt, jāizšķir divi raksturīgi gadījumi:

I. Nevienš no skaitļiem  $x$ ,  $y$ ,  $z$  nedalās ar pirmskaitli  $p$ .

II. Viens no šiem skaitļiem dalās ar  $p$ .

Pirmais no abiem gadījumiem ir vienkāršākais. Jau 1823. gadā Ležandrs publicēja Sofijas Žermēnas doto pierādījumu, ka pirmais gadījums nav iespējams nevienam  $p < 100$ , bet Diksons 1908. gadā pirmā gadījuma neiespējamību pierādīja pat visiem  $p < 7000$ . A. Viērihs 1909. gadā pierādīja, ka pirmais gadījums var būt iespējams tikai tad, ja skaitlis  $2^p - 2$  dalās ar  $p^2$ , kas parasti nav iespējams. Pirmais piemērs, kur  $2^p - 2$  dalās ar  $p^2$ , ir  $p = 1093$ ; to uzrādīja V. Meisners 1913. gadā.

D. Mirimanovs 1910. gadā pierādīja, ka Fermā teorēmas pirmais gadījums var būt iespējams tikai tad, ja  $3^p - 3$  dalās ar  $p^2$ . Jaunākā laikā pierādīts, ka, ja Fermā teorēmas pirmais gadījums iespējams, tad  $a^p - a$  dalās ar  $p^2$  visiem pirmskaitļiem  $a = 2, 3, \dots, 43$ . Tas deva iespēju (lieto-

— Kas attiecas uz jūsu jautājumu, — viņš turpināja, — tad atbildei uz to ir jābūt, citādi mūsu līgums nav spēkā. Viduslaikos cilvēkiem patika uzdot miklas. Nereti pie manis nāca ar paradoksiem. Piemēram: ciemā dzīvoja tikai viens bārddzinis, kas skuva visus, kuri neskuvās paši. Kas skuva bārddzini? — viņi jautāja. Bet, kā aizrādījis Rasels, vārdiņš «visus» padara šo jautājumu bezjēdzīgu, un atbildes uz to nav.

— Mans jautājums ir godīgs, paradoksa tajā nav, — Saimons apliecināja.

— Ļoti labi. Es uz to atbildešu. Ko jūs smīnat?

— Es... neko, — Saimons atteica, sejā iezagušos smīnu apspiezdams.

— Jums ir stipri nervi, — sātans sacīja drūmā, bet atzinīgā tonī, izvilkdams no gaisa pergamentu. — Ja es jums būtu parādījis nezvēra izskatā, kurā jūsu gorillu piemilīgums apvienojies ar Venēras monstra graciozitāti, diez vai jūs būtu saglabājis savu aplombu, un esmu pārliecināts...

— Tas itin nemaz nav vajadzīgs, — pasteidzās bilst Saimons.

Viņš paņēma velna sniegto līgumu, pārliecinājās, ka viss ir kārtībā, un atvāza kabatas nazi.

— Vienu mirklīti! — sātans viņu apturēja. — Dodiet, es to nodezinficēšu. — Viņš pielika asmeni pie lūpām, viegli uzpūta, un tērauds sakaita ķiršsarkans.

jot elektroniskās ātrrēķinātājas mašīnas) pārbaudīt, ka I gadījumā Fermā apgalvojums par vienādojumu (2) ir pareizs visiem  $p < 3\,000\,000\,000$  ( $=3 \cdot 10^9$ ).

Par Fermā teorēmas otro gadījumu kaut cik vispārīgus rezultātus ar elementāriem līdzekļiem nav izdevies atrast. Ievērojamākie atklājumi, kas attiecas uz abiem gadījumiem, pieder E. Kummeram. E. Kummers bija Berlīnes universitātes profesors. Viņš darbojās skaitļu teorijā, diferenciālajā ģeometrijā un citās matemātikas nozarēs, bet savas dzīves lielāko daļu veltīja Fermā teorēmas problēmai. Ar 1840.—1860. gada vairākiem darbiem Kummers pierādīja, ka Fermā teorēma par vienādojumu (2) ir pareiza visiem regulāriem pirmskaitļiem  $p$ , pie kam  $p$  ir regulārs pirmskaitlis tad, ja tas nedala nevienu no  $p-3$  pirmo Bernulli skaitļu<sup>1</sup> skaitītājiem. Vienīgie pirmskaitļi, kas mazāki par 100 un nav regulāri, ir  $p=37, 59, 67$ . Šos gadījumus Kummers aplūkoja ar atsevišķu metodi un tādā kārtā pierādīja, ka Fermā apgalvojums par vienādojumu (2) ir pareizs visiem  $p < 100$ . Kummers ticēja, ka regulāru pirmskaitļu ir bezgalīgi daudz, bet vēl līdz šai dienai tas nav pierādīts; 1915. gadā Jensens ļoti vienkāršā ceļā pierādīja, ka bezgalīgi daudz ir neregulāro pirmskaitļu.

## Pie algebriskās skaitļu teorijas šūpuļa

Kummers vienādojuma (2) kreiso pusi sadalīja kompleksos reizinātājos un tādā kārtā aditīvo problēmu reducēja uz multiplikatīvu. Bet līdz ar to Kummeram bija jāiziet ārpus parastās aritmētikas, kas nodarbojas

---

<sup>1</sup> Ja dabisko skaitļu  $k$  pakāpju summu  $1^k + 2^k + \dots + (m-1)^k$  apzīmē ar  $S_k(m)$ , tad  $(k+1)S_k(x)$  attīstījuma  $x^{k+1} + (k+1)B_1 \cdot x^k + x^{k-1}B_2(k+1)k/1 \cdot 2 + \dots$  koeficientus  $B_1, B_2, \dots$  sauc par Bernulli skaitļiem. Visi  $B_k=0$ , ja rādītājs  $k$  ir nepāru skaitlis  $>1$ ;  $B_1=-1/2, B_2=1/6, B_4=-1/30, \dots$

---

— Nu tā! Tagad pieskarieties ar naža galu... hm... pie tintes, un tas arī ir viss... Lūdzu, otrā rinda no apakšas. Pēdējā — mana.

Saimons vilcinājās, domīgi lūkodamies nokaitētajā naža galā.

— Rakstieties, — velns steidzināja, un Saimons, iztaisnojis plecus, parakstīja savu vārdu.

Uzvilcis arī savu bagātīgi kruzūjoto parakstu, sātans tiksmē paberzēja rokas, uzmeta Saimonam neslēptu īpašnieka skatienu un jautri sacīja:

— Nu, klāstiet savu jautājumu! Tiklīdz būšu uz to atbildējis, dosimies ceļā. Man šodien jāapciemo vēl viens klients, bet laika maz.

— Labi, — Saimons sacīja un dziļi ievilka elpu. — Mans jautājums ir šāds: vai Fermā lielā teorēma ir pareiza vai nepareiza?

Velns norīja siekalas. Pirmo reizi viņa pašapziņa sāka šķobīties.

— Kā lielā? Kas? — viņš neskanīgā balsī jautāja.

— Fermā lielā teorēma. Tā ir matemātiska tēze, ko esot pierādījis Fermā, franču septiņpadsmitā gadsimta matemātiķis. Taču viņa pierādījums nav uzrakstīts, un līdz pat šai dienai neviens nezina, vai šī teorēma ir pareiza. — Kad Saimons ieraudzīja velna fizionomiju, viņam nodrebēja lūpas. — Nu, lūk, ķerieties pie darba!

— Matemātika! — astainis šausmās izsaucās. — Vai jūs domājat, ka man ir bijis

tikai ar parastajiem veselajiem skaitļiem, kuru sadalīšanai reizinātājos der vienkāršais likums: ikkatrs veselais skaitlis  $n > 1$  ir attēlojams ar pirmskaitļu reizinājumu tikai vienā veidā. 1843. gadā Kummers pārsteidzīgi pieņēma (un to pašu kļūdu atkārtoja Lamē un Košī), ka tāda īpašība piemīt arī tiem veselajiem kompleksajiem skaitļiem, ko dabūja, sadalot Fermā vienādojuma (2) kreiso pusi faktoros, un nonāca pie nekritiska pierādījuma, kam kļūdu uzrādīja Dirihlē.

Gauss 1832. gadā pierādīja, ka kompleksie skaitļi  $a+bi$  (kur  $a, b$  ir parastie veseli skaitļi,  $i^2 = -1$ ) ir viennozīmīgi sadalāmi tāda paša veida kompleksos pirmreizinātājos, un uzrādīja ļoti svarīgus šīs īpašības izlietojumus. Ar to jau bija radusies ideja par algebrisku skaitļu teoriju. Bet par šīs teorijas isto iesākumu ir jāuzskata 1847. gads, kad kļuva zināms, ka veseli algebriskie skaitļi nav sadalāmi pirmreizinātājos viennozīmīgi, bet dažādos veidos (skat. piemēru šā raksta Pielikuma sākumā). Līdz ar to šai jautājumā atklājas nepārredzams haoss. Bet, pateicoties Kummera ģeniālajai idejai par tā saucamajiem ideālajiem skaitļiem, šo haosu izdevās pārvarēt un pakļaut parastās aritmētikas likumiem. Tā neapšaubāmi ir viena no pagājušā gadsimta zinātnes lielākajām uzvarām.

1857. gadā franču akadēmija Kummeram piešķīra zelta medaļu 3000 franku vērtībā par Fermā teorēmas pierādījumu vai, pēc citas versijas, par pētījumiem algebrisko skaitļu teorijā. Vispārīgo teoriju par algebriskiem skaitļiem pēc Kummera parauga izstrādāja R. Dedekins (1831—1916) un L. Kronekers (1823—1891). Tādā kārtā šī tagad viena no vis-svarīgākajām matemātikas disciplīnām par savu iesākumu pateicas Fermā teorēmai.

Nozīmīga progresa Fermā teorēmas pierādīšanā nebija līdz 1929. gadam, kad Vandivers atrada nosacījumu, ka Bernulli skaitļu  $B_{2p}, B_{4p}, \dots, B_{2p(p-3)}$  skaitītāji nedalās ar  $p^3$ , kas (kopā ar vēl otru, jau agrāk pazī-

laiks studēt tādas lietas? Esmu izņēmis triviju un kvadrīju<sup>1</sup>, bet algebru... Sakiet, — viņš sašutis vaicāja, — vai ir ētiski uzdot man tādu jautājumu?

Saimona seja bija sastingusi, bet acis staroja.

— Zinu jau zinu — jūs labāk aiztecētu simtdivdesmittūkstoš kilometru attālumā un atnestu kādu priekšmetu, kas būtu tik liels kā hidrostacija «Boulder Dam», — viņš paķircināja velnu. — Laiks un telpa jums ir tīrais smiekls, vai ne? Nu ko, man žēl, bet es tomēr dodu priekšroku savam jautājumam. Tas ir ļoti vienkāršs, — Saimons mierinoši piebilda. — Runa ir par pozitīviem veseliem skaitļiem.

— Bet kas tad ir pozitīvs skaitlis? — velns uztraucās. — Un kādēļ jūs gribat, lai tas būtu vesels?

— Izteiksimies eksaktāk, — Saimons sacīja, velna jautājumu palaidis gar ausīm. — Fermā teorēma apgalvo, ka attiecībā uz jebkuru pozitīvu veselu skaitli, kas ir lielāks par divi, vienādojumam  $x^n + y^n = z^n$  pozitīvos veselos skaitļos nav atrisinājuma.

— Bet ko tas nozīmē? ...

<sup>1</sup> Divi viduslaiku izglītības cikli. Trivijs — gramatika, retorika, dialektika; kvadrījs (paaugstināts kurss pēc trivija) — aritmētika, astronomija, mūzikas teorija. — *Red. piez.*

tamu un līdz šim pārbaudītu,  $p < 100000$  gadījumā vienmēr izpildītu nosacījumu) pierādīja Fermā teorēmu visiem  $p < 100000$ . Pedēajā laikā (1976. g.) teorēmas pareizība abos gadījumos pierādīta visiem  $p < 125000$ .

## Maldugunis

Fermā brīnišķīgais pierādījums nekādā ziņā nevar būt līdzīgs Kummera mēģinājumam. Atliek tikai ticēt, ka Fermā to atradis, pateicoties kādai ļoti vienkāršai, laimīgai domai. Bet mums nav ne mazākā norādījuma, kādā virzienā vajadzīgie slēdzieni meklējami. Tādēļ, liekas, teorēma būs pilnīgi pierādāma, tikai Kummera darbu sistemātiski turpinot.

Jautājums par Fermā teorēmas pareizību sevišķi aktuāls kļuva 1908. gadā, kad Getingenas zinātniskā biedrība par problēmas pilnīgu atrisinājumu izsludināja 100 000 marku godalgu (tiesa gan, pēc pirmā pasaules kara šīs godalgas sākotnējā vērtība inflācijas dēļ ir daudzkārt samazinājusies). Šo summu bija novēlējis mirušais matemātiķis P. Volfskēls, kas savā laikā pats bija daudz nodevies Fermā teorēmas pierādīšanas mēģinājumiem. Pēc nosacījuma godalga piešķirama tam laimīgajam, kas vai nu dos pilnīgu pierādījumu, vai arī uzrādīs vienu vienīgu pretēju piemēru. Bet arī pēdējais uzdevums nav nekāda vienkārša lieta, jo tāds piemērs būtu meklējams starp skaitļiem  $x^p$ , kam (uzrakstītiem decimālsistēmā) ciparu skaits pārsniedz pusmiljonu<sup>2</sup>. Pēc Getingenas matemā-

---

<sup>2</sup> Ja eksistē veseli skaitļi  $x, y, z$ , kam vienādojums (2) der, tad, pieņemot  $x > y$  un liekot  $z = x + a$ ,  $a \geq 1$ , no  $z^p = (x + a)^p = x^p + px^{p-1}a + \dots = x^p + y^p$  izriet  $y^p = px^{p-1}a + \dots \geq py^{p-1}$ , bet no tā savukārt  $y > p$ . Līdz ar to arī  $x > p$  un  $z > p$ . Tā kā  $p > 100000$  (jo ar  $p < 125000$  Fermā teorēma jau pierādīta), tad  $x^p > (100000)^{100000} = 10^{5000000}$ .

---

— Atcerieties, jums jādod atbilde.

— Bet kas būs tiesnesis — jūs?

— Nē, — Saimons laipni atbildēja. — Neuzskatu, ka es būtu pietiekami kompetents, kaut arī ar šo problēmu esmu nocīnījies vairākus gadus. Ja jūs ieradīsieties ar atbildi, mēs to iesniegsim solīdam matemātikas žurnālam. Atkāpties jūs nevarat — problēma acīmredzot ir atrisināma: teorēma ir vai nu pareiza, vai nepareiza. Un, lūdzu, nekādus trikus ar daudzvērtību loģiku. Divdesmit četrās stundās atrodi atbildi un pierādi, ka tā ir pareiza. Galu galā taču cilvēks... piedodiet, gars... ar jūsu attīstības līmeni un milzīgo pieredzi var pa šo laiku mazliet pamācīties matemātikā.

— Nāk prātā, cik grūti man klājās ar Eiklīdu, kad es to studēju Kembridžā, — sātans bēdīgi stāstīja. — Mani pierādījumi nekad nebija pareizi, kaut arī patiesība bija turpat virspusē: vajadzēja tikai paskatīties zīmējumā. — Viņš sakoda zobus. — Bet es tikšu galā. Man ir gadījies darīt arī daudz grūtākas lietas, dārgais mister Saimon. Reiz es aizlidoju uz attālu zvaigzni un atnesu vienu litru neitronija tieši sešpadsmit...

— Zinu, — Saimons viņu pārtrauca. — Jūs esat šādu triku meistars.

— Kādi nu tur triki! — sātans nīgri noburkšķēja. — Bija gigantiskas tehniskas grūtības. Bet lai paliek pagātne. Dodos uz bibliotēku, bet rit šai laikā...

— Nē, — Saimons viņu stingrā tonī pārtrauca. — Līgumu mēs parakstījām pirms

tiķa F. Kleina vārdiem, «matemātiķi, kas pazīst Kummera un viņa sekotāju mēģinājumus, nevar lolot ilūzijas, ka varētu izdoties viegli nopelnīt godalgu. Turpretī plašā publika ir pavisam citos ieskatos. Kopš 1908. gada rudens, kad par godalgas nosacījumiem bija ziņots laikrakstos, Getingenas zinātņu biedrībai ir ienācis milzīgs vairums pierādījumu: pirmo triju gadu laikā iesūtīti vairāki tūkstoši atrisinājumu, kuru autori ir visādu aprindu ļaudis — inženieri, skolotāji, garīdznieki, dažas dāmas un arī kāds banķieris, kas labi izpratis godalgas materiālo vērtību... Visiem šiem iesūtītājiem kopīgs ir tikai tas, ka viņiem nav nekādas izpratnes par problēmas ļoti nopietno matemātisko nozīmi. Viņi arī neko negrib šai virzienā mācīties, bet gaida tikai kādu laimīgu nejaušību, kas tos vedīs pie kārotā pierādījuma. Bet pats par sevi saprotams, ka tāda kārtā vienmēr bez izņēmuma iznāk kaut kas nepareizs.»

## Pielikums

Vispirms kā piemēru aplūkosim skaitļu gredzenu

$$a + b\sqrt{-5}, \quad (4)$$

kurā aritmētikas pamatteorēma neder. Pēc tam pierādīsim, ka dabiskajiem skaitļiem tā der, un, to lietodami, dabūsim vienādojuma (1) ar  $n=2$  vispārīgo atrisinājumu. Savukārt lietodami šo atrisinājumu, pierādīsim Fermā teorēmu kāpinātājam  $n=4$ . Visi pierādījumi ir elementāri.

Sāksim ar gredzenu (4) (kur  $a, b$  mainās pa visiem parastajiem veselajiem skaitļiem) un pierādīsim, ka šajā gredzenā skaitļi

$$3, 7, 1+2\sqrt{-5}, 1-2\sqrt{-5} \quad (5)$$

pusstundas. Esiet atpakaļ tieši pēc divdesmit trim ar pusi stundām. Negribu jūs steidzināt, — viņš ironiski piebilda, kad velns bažīgi paraudzījās pulkstenī. — Izdzeriet glāzīti vīna un, pirms aizejat, iepazīstieties ar manu sievu.

— Darbā es nekad nedzeru, un tikties ar jūsu sievu man nav laika... Vismaz šobrīd.

Viņš izzuda.

Tai pašā mirklī ienāca Saimona sieva.

— Atkal noklausījies pie durvīm! — Saimons viņai maigi pārmeta.

— Protams, — viņa runāja apspiestā balsī. — Un es, dārgais, gribu zināt, vai šis jautājums patiešām ir grūts. Jo, ja tas tā nav... Saimon, esmu šausmās!

— Esi mierīga, jautājums ir grūts, — Saimons bezbēdīgi atbildēja. — Ne visi to uzreiz atskārst. Redzi, — viņš lektora tonī turpināja, — ikviens viegli atradīs divus veselus skaitļus, kuru kvadrāti summā arīdzan dod kvadrātu. Piemēram,  $3^2+4^2=5^2$  jeb vienkārši  $9+16=25$ . Skaidrs?

— Jā!

Viņa sakārtoja vīram kaklasaiti.

— Bet vēl nevienam nav izdevies atrast divus kubus, kuru summa arī būtu kubs, nedz augstākas pakāpes, kas dotu analogisku rezultātu, — acīmredzot tādu nemaz nav.

ir nesadalāmi (tātad tiem ir tāda pati loma, kāda ir pirmskaitļiem parastajā aritmētikā). Pierādīsim to, piemēram, par skaitli  $1+2\sqrt{-5}$ .

Pieņemsim, ka tas sadalāms reizinātājos

$$1+2\sqrt{-5}=(a+b\sqrt{-5})(c+d\sqrt{-5}), \quad (6)$$

kur  $a, b, c, d$  ir veseli skaitļi. Atverot labajā pusē iekavas un salīdzinot izteiksmes (6) abās pusēs racionālās un salīdzinot iracionālās daļas, dabū divas sakarības  $1=ac-5bd$ ,  $2=ad+bc$ , kuras tikpat labi dabūtu, ja vienādībā (6)  $\sqrt{-5}$  vietā liktu  $-\sqrt{-5}$ , kas dotu

$$1-2\sqrt{-5}=(a-b\sqrt{-5})(c-d\sqrt{-5}). \quad (7)$$

Sareizinot (6) ar (7), dabū vienādību

$$21=(a^2+5b^2)(c^2+5d^2),$$

ar ko esam pārgājuši atpakaļ parastajā aritmētikā. Te skaitlis  $21=3 \cdot 7$  sadalīts veselos reizinātājos  $a^2+5b^2$ ,  $c^2+5d^2$ , kādēļ vai nu

$$I) a^2+5b^2=1 \text{ un } c^2+5d^2=21,$$

vai arī

$$II) a^2+5b^2=3 \text{ un } c^2+5d^2=7.$$

Izmēģinādami  $a^2, b^2, c^2, d^2$  iespējamās nedaudzās vērtības 0, 1, 4, 9, 16, redzam, ka otrais gadījums nav iespējams, bet pirmais ir iespējams tikai tad, ja  $a=\pm 1, b=0$ , kas īstenībā nav (6) skaitļa sadalīšana reizinātājos, jo pirmais reizinātājs  $a+b\sqrt{-5}$  ir  $\pm 1$ , ar ko dalās ikkatrs skaitlis.

Tādā pašā kārtā pierāda, ka arī pārējie skaitļi (5) ir nesadalāmi.

Šajā skaitļu (4) aritmētikā skaitlis 21 sadalās nesadalāmu skaitļu reizinājumā divējādi:

$$21=3 \cdot 7 \text{ un } 21=(1+2\sqrt{-5})(1-2\sqrt{-5}),$$

Un tomēr, — viņš triumfējoši nobeidza, — līdz šim vēl nav pierādīts, ka tādi skaitļi nepastāv! Vai tagad saprati?

— Protams. — Saimona sieva vienmēr saprata pat vissarežģītākās matemātiskās tēzes. Bet, ja gadījās klupšanas akmens, vīrs viņai pacietīgi visu izskaidroja vairākas reizes. Tāpēc citam kam misis Flegai atlika maz laika.

— Uzvārišu kafiju, — viņa sacīja un aizgāja.

Pēc četrām stundām, kad viņi sēdēja un klausījās Brāmsa trešo simfoniju, velns uzradās atkal.

— Esmu jau izstudējis algebras, trigonometrijas un planimetrijas pamatus! — viņš triumfējoši paziņoja.

— Ātri strādājat! — Saimons viņu uzlielīja. — Esmu pārliecināts, ka arī sfēriskā, analītiskā, projektīvā, tēlotāja un neeiklīda ģeometrija jums grūtības nesagādās.

Velns saviebās.

— Vai to ir tik daudz? — viņš sašūkušā balsī jautāja.

— Ai, tas jau ne tuvu nav viss. — Saimonam bija tāds izskats, it kā viņš ziņotu priecīgu vēsti. — Neeiklīda ģeometrijas jums patīks, — viņš pasmaidīja. — Tur zīmējumus pētīt nevajadzēs. Zīmējumi neko nepateiks. Un, ja jums lāgā neiet ar Eiklīdu...

kādēļ te aritmētikas pamatteorēma neder. Bet Kummers atrada izeju (un tā viņu padarīja slavenu): skaitļu gredzenu viņš papildināja ar tādiem «ideāliem skaitļiem»  $A, B, C, D, \dots$ , ka  $3 = A \cdot B$ ,  $7 = C \cdot D$ ,  $1 + 2\sqrt{-5} = A \cdot C$ ,  $1 - 2\sqrt{-5} = B \cdot D$ . Ar to panāca, ka skaitlis 21 ir sadalāms ideālos reizinātājos tikai vienā vienīgā veidā:  $21 = ABCD$ .

\*

Turpmāk lietotie skaitļi ir pozitīvi vai negatīvi parastie vesēlie skaitļi.

Dabisko skaitļu aritmētikas **pamatteorēma**: katrs dabiskais skaitlis  $a > 1$  vai nu ir pirmskaitlis, vai arī uzrakstāms ar pirmskaitļu reizinājumu vienā vienīgā veidā.

**Pierādījums.** Tos skaitļus, kas uzrakstāmi ar pirmskaitļu reizinājumu tikai vienā vienīgā veidā, saucim par normāliem, bet pārējos par anormāliem. Skaitlis 2 ir normāls. Pieņemsim, ka normāli ir arī visi skaitļi  $< n$ . Ja  $n$  ir pirmskaitlis, tad tas ir normāls. Ja  $n$  nav pirmskaitlis, tad vismazākais no tā dalītājiem  $> 1$  ir kāds pirmskaitlis  $p$ . Izteicot  $n = pn_1$ , pēc pieņēmuma  $n_1$  ir normāls. Ievietojot te vienīgo iespējamo  $n_1$  attēlojumu ar pirmskaitļu reizinājumu, dabū vienīgo  $n$  attēlojumu, kas satur reizinātāju  $p$ . (Ja būtu vēl kāds cits sadalījums ar reizinātāju  $p$ , tad  $n_1 = n : p$  nebūtu normāls.)

Ja  $n$  nav normāls, tad to var attēlot ar

$$n = qn_2,$$

kur mazākais pirmreizinātājs ir  $q > p$  un  $n_2$  ar  $p$  nedalās. Tagad skaitlis

$$n_3 = n - pn_2 = q(n : q) - p(n : q) = (q - p)n_2$$

ir mazāks nekā  $n$ , tādēļ normāls;  $n_3$  dalās ar  $p$ . Tā kā  $n_3$  sadalās pirmreizinātājos vienā vienīgā veidā, tad ir nepieciešams viens no diviem: vai nu lai  $(q - p)$  satur reizinātāju  $p$ , vai arī lai  $n_2$  satur  $p$ . Bet neviena no abām hipotēzēm nav iespējama. Ar to teorēma ir pierādīta. No tās izriet, ka katrs dabiskais skaitlis  $n > 1$  uzrakstāms kanoniskā formā

$$n = p_1^\alpha p_2^\beta \dots p_k^\gamma,$$

kur  $p_1, p_2, \dots, p_k$  ir **dažādi** pirmskaitļi, bet kāpinātāji  $\alpha, \beta, \dots, \gamma$  ir vesēli skaitļi  $\geq 1$ .

Sātans iestēnējās, izbalēja kā veca kinolente un izzuda. Saimona sieva iespūrcās.

— Mans dārgais, — viņa čivināja, — man jau sāk likties, ka tu viņu uzveiksi!

— Kuš! Pedējā daļa! Varen!

Vēl pēc sešām stundām kaut kas nošvirkstēja, istabu piepildīja dūmi, un velns atkal bija klāt. Nu viņam zem acīm bija maisiņi. Saimons Flegs apspieda sejā smīnu.

— Esmu izņēmis visas ģeometrijas, — velns grūtsirdīgā apmierinājumā izdvesa. — Tagad būs vieglāk. Laikam varēšu ņerties pie jūsu uzdevumiņa.

Saimons pašūpoja galvu.

— Pārāk steidzaties. Kā redzams, neesat pamanījis tādas fundamentālas metodes kā bezgalīgi mazo lielumu analīze, diferenciālvienādojumi un diferencu rēķini. Pēc tam vēl ir...

— Vai tiešām tas viss ir vajadzīgs? — velns dvesa.

Viņš apsēdās un sāka ar dūrēm berzēt pietūkušos plakstiņus. Nabadziņš nespēja apspiest žāvas.

— Droši pateikt nevaru, — vienaldzīgā balsī atbildēja Saimons. — Taču cilvēki, pūlēdamies ap šo «uzdevumiņu», ir izmēģinājuši visas matemātikas nozares, bet atrisinājuma kā nav, tā nav. Es ieteiktu...

Ja  $m$  ir dabiskā skaitļa  $n$  kvadrāts, tad  $m$  kanoniskā attēlojuma visi kāpinātāji ir pāru skaitļi (jo  $n^2 = p_1^\alpha p_2^\beta \dots p_k^\gamma)^2 = p_1^{2\alpha} p_2^{2\beta} \dots p_k^{2\gamma}$ ), un otrādi: ja  $m$  kanoniskā attēlojuma visi kāpinātāji ir pāru skaitļi, tad  $m$  ir dabiska skaitļa kvadrāts.

**Sekas.** Ja  $x$  un  $y$  ir dabiski skaitļi bez kopīga dalītāja un to reizinājums ir kvadrāts  $xy = n^2$ , tad arī  $x$  un  $y$  katrs atsevišķi ir kvadrāts.

**Pierādījums:**  $n^2$  kanoniskā attēlojuma katra pirmkaitļa pakāpe  $p_i^{2\alpha}$  visa ietilpst vai nu  $x$  kanoniskajā attēlojumā, vai arī  $y$  kanoniskajā attēlojumā (jo, pēc nosacījuma,  $x$  un  $y$  kopīga dalītāja nav). Tādēļ  $x$  un  $y$  katrs atsevišķi ir kvadrāts.

\*

**Teorēma. Vienādojuma**

$$x^2 = y^2 = z^2 \quad (8)$$

visi tie veseli atrisinājumi, kur  $x$  un  $y$  nav kopīga dalītāja un  $y$  ir pāru skaitlis, uzrakstāmi ar formulām

$$z = m^2 + n^2, \quad x = m^2 - n^2, \quad y = 2mn, \quad (9)$$

kur  $m, n$  ir veseli skaitļi bez kopīga dalītāja, no tiem viens pāru, otrs nepāru skaitlis.

Šo atrisinājumu (9) pazinis jau Pitagors un senie indieši.

$x, y$  lielāko kopīgo dalītāju apzīmē ar  $d = (x, y)$ ; ja  $d > 1$ , tad vienādojuma (8) kreisā puse dalās ar  $d^2$ , kādēļ arī  $z^2$  dalās ar  $d^2$  un, saīsinot ar  $d^2$ , dabū tāda paša tipa vienādojumu, bet ar  $d = 1$ . Tādēļ pietiek, ka atrod tikai tos atrisinājumus, kam  $(x, y) = 1$ .

$x$  un  $y$  nevar abi būt nepāru skaitļi, piemēram,  $x = 2n + 1, y = 2m + 1$ , jo tad būtu  $x^2 + y^2 = 4n^2 + 4n + 1 + 4m^2 + 4m + 1 = 4(n^2 + m^2 + n + m) + 2 = 4k + 2$ ,  $z^2$  kā divu nepāru skaitļu summa būtu pāru skaitlis, līdz ar to  $z$  būtu pāru skaitlis  $= 2a$ , kādēļ  $z^2 = 4a^2$  dalītos ar 4, kamēr  $x^2 + y^2 = 4k + 2$  dalās tikai ar 2 (bet ne ar 4) — tātad rodas pretruna. Tādēļ viens

Bet sātans nebija noskaņots klausīties Saimona padomus. Šoreiz viņš izzuda, pat nepieciēlies no galda. Un izdarija to diezgan neveikli.

— Man šķiet, viņš ir noguris, — konstatēja mīsis Flega. — Nabaga velns!

Viņas tonī gan bija grūti saklausīt līdzjūtību.

— Arī es esmu noguris, — atsaucās Saimons. — Iesim gulēt. Domāju, ka līdz rītam viņš neparādīsies.

— Iespējams gan, — sieva piekrita. — Taču katram gadījumam es uzvilksu naktskreklu ar melnām mežģinēm.

Pienāca otrs rīts. Tagad abiem laulātajiem draugiem piemērotāka likās Baha mūzika. Tāpēc viņi uzlika plati ar Landovsku\*.

— Vēl desmit minūtes, un, ja viņš neatgriezīsies ar atrisinājumu, mēs būsīm uzvarējuši, — sacīja Saimons. — Vispār es viņu aprīnoju. Viņš varētu vienā dienā pabeigt kursu, turklāt ar izcilību, un dabūt zinātņu doktora diplomu. Tomēr...

\* Vanda Landovska (1879—1959) — ievērojama pianiste, lieliska senās mūzikas izpildītāja. — *Red. piez.*



no skaitļiem  $x$ ,  $y$  ir pāru, otrs nepāru skaitlis; ar  $y$  apzīmējam to nezināmo, kurš ir pāru skaitlis;  $z^2$  ir nepāru skaitlis.

Vienādojumu (8) uzrakstīdami formā

$$y^2 = (z-x)(z+x), \quad (10)$$

ievērojam, ka  $z-x$  un  $z+x$  abi ir pāru skaitļi (kā nepāru skaitļu summa un starpība). Pieņemot, ka

$$(z-x)(z+x) = 2h \quad (11)$$

izteic

$$z-x = 2h \cdot u, \quad z+x = 2h \cdot v,$$

kur  $u$ ,  $v$  ir veseli skaitļi. Šis vienādības vienreiz saskaitot, otrreiz atņemot un saīsinot ar 2, dabūjam vienādības

$$z = h(u+v), \quad x = h(v-u),$$

kas rāda, ka  $x$  un  $z$  abi dalās ar  $h$ . Tā kā aplūkojam gadījumu, kur  $x$ ,  $y$  (un  $z$ ) kopīga dalītāja nav, tad  $h=1$ . Atgriežoties pie (11), dabūjam, ka  $(z-x, z+x) = 2$  un līdz ar to

$$\left( \frac{z-x}{2}, \frac{z+x}{2} \right) = 1. \quad (12)$$

Pēc (10),

$$\frac{z-x}{2} \cdot \frac{z+x}{2} = \left( \frac{y}{2} \right)^2. \quad (13)$$

Tā kā (13) kreisās puses veselajiem skaitļiem  $(z-x) : 2$ ,  $(z+x) : 2$ , pēc (12), kopīga dalītāja nav, tad (kā agrāk pierādījām) katrs no tiem atsevišķi ir kvadrāts. Liekot

$$\frac{z-x}{2} = n^2, \quad \frac{z+x}{2} = m^2,$$

pēc (12),  $(m, n) = 1$  un, pēc (13),  $\frac{y}{2} = mn$ .

Nošvirkstēja. Pacēlās sārts sēnesveida mākonītis, izplatījās sēra smaka. Laulāto draugu priekšā uz paklāja stāvēja velns. Viņš elsoja, izpūdzams garaipu mutuļus. Pleci viņam bija sašļukuši, acis pieriesušas asinīm. Smailnagu ķetna, kurā bija sažņaugts aprakstītu lapu žūksnis, manāmi drebēja. Bija redzams, ka nelabajam dumpojas nervi.

Ne vārda nebilzdams, viņš nosvieda žūksni uz grīdas un sāka to nikni mīdīt ar divdaļīgajiem kāju nagiem. Kad beidzot enerģijas lādiņš bija izsīcis, velns nomierinājās. Viņa lūpas bija sašķiebušas rūgtā smīnā.

— Jūs esat uzvarējis, Saimon, — velns nočukstēja, lūkodamies matemātiķi ar lab-sirdīgu cieņu. — Pat es nebiju spējīgs šajā neilgajā laikā tik pamatīgi izstudēt matemātiku, lai varētu pieveikt šo grūto uzdevumu. Jo vairāk tajā iedziļinājos, jo sliktāk gāja. Nevienveidīga dalīšanās reizinātājos, ideālie skaitļi, — o, beļcebul!... Vai jūs zināt, — viņš konfidenciali paziņoja, — arī citu planētu labākie matemātiķi — viņi vispār ir tālu jums priekšā — nav dabūjuši atrisinājumu. Ek, uz Saturna viens zellis — viņš mazliet atgādina sēni uz koka kājām — galvā rēkina parciālos diferenciālvienādojumus. Arī viņš atmetis ar roku. — Velns nopūtās. — Dzīvojiēt veseli!

Viņš izzuda ļoti lēni. Bija redzams, ka viņš ir ārkārtīgi noguris.

No šejienes, saskaitot un atņemot, dabū (9);  $m$  un  $n$  nevar abi būt nepāru skaitļi, jo tad, pēc (9),  $x$  un  $z$  būtu pāru skaitļi un vienādojumu (8) varētu saīsināt ar 4, kas ir izslēgts.

\*

**Teorēma.** Vienādojumam

$$x^4 + y^4 = z^2 \tag{14}$$

nav veselu atrisinājumu ar  $xy \neq 0$ .

So teorēmu pierādījis Eilers 1747. gadā.

Tā kā  $x^4 + y^4 = u^4$  vietā var rakstīt  $x^4 + y^4 = z^2$ , kur  $z = u^2$ , no Eilera teorēmas izriet Fermā teorēma kāpinājumam  $n = 4$ .

**Pierādījums.** Uzdevumu nesašaurinot, var pieņemt, ka vienādojumā (14)  $x$ ,  $y$ ,  $z$  ir veseli skaitļi bez dalītāja (jo, ja divi no šiem skaitļiem, piemēram,  $x$  un  $y$ , dalītos ar pirmskaitli  $p$ , tad (14) kreisā puse dalītos ar  $p^4$ , kādēļ arī  $z^2$  dalītos ar  $p^4$  un pēc saīsināšanas ar  $p^4$  dabūtu tāda paša tipa vienādojumu ar mazāku kopīgo dalītāju). Lietojot Pītagora vienādojuma (8) atrisināšanas formulas (9), no (14) jeb  $(x^2)^2 = (y^2)^2 = z^2$  izteic

$$x^2 = m^2 - n^2, \quad y^2 = 2mn, \tag{15}$$

kur  $m$ ,  $n$  ir veseli skaitļi bez kopīga dalītāja, no tiem viens pāru, otrs nepāru skaitlis. Tā kā pēc (15)  $x^2 + n^2 = m^2$ , tad, spriežot tāpat kā vienādojuma (8) gadījumā, ir pierādāms, ka nepāru skaitlis ir  $m$ . Tādēļ vienādojumā  $y^2 = 2mn$

$$m = u^2, \quad n = 2v^2, \quad (u, v) = 1, \tag{16}$$

tātad, pēc (15),

$$x^2 = u^4 - (2v^2)^2 \quad \text{jeb} \quad x^2 + (2v^2)^2 = (u^2)^2.$$

Saimons sirsnīgi noskūpstīja sievu. Bet viņa, ar neapmierinātu grimasi vērdamās vīrā, kas vēl lidinājās nezin kādos mākoņos, tam jautāja:

— Dārgais, vai kaut kas vēl nav labi?

— Nē, nekas... Bet, saproti, es gribētu iepazīties ar viņa darbu, uzzināt, cik tuvu viņš ticis atrisinājumam. Es ar šo problēmu esmu nocīnījies vismaz...

Saimons aprāvās un pārsteigumā iepleta acis: velns atkal bija klāt. Viņš izskatījās visai samulsis.

— Es šeit aizmirsu... — viņš murdēja. — Man vajag... ak!

Viņš noliecās pār izspārdītajam papīra lapām un sāka tās saudzīgi vākt kopā un gludināt. — Šī lietiņa aizrauj, — viņš sacīja, vairīdamies Saimona skatiena. — Nu nevar nemaz atrauties! Ja man izdotos tikai pierādīt vienu pavisam vienkāršu lemmu! — Redzēdams, ka Saimona sejā iedegusies dzīva interese, viņš nolaida acis, it kā lūgdams piedošanu. — Paklausieties, profesors, — sātans noņurdēja, — es nešaubos, ka arī jūs pie tā esat papūlējies. Vai nepārtrauktās daļas neesat mēģinājis? Fermā, bez šaubām, būs izmantojis tās, un... Esiet tik laba, atstājiet mūs divatā.

Pēdējie vārdi bija adresēti misis Flegai, kas bija ienākusi ar kafijas kannu. Velns apsēdās blakus Saimonam, pavilkdams zem sevis asti, un norādīja uz lapām, kas bija izraibinātas ar matemātiskām zīmēm.

No šejienes, lietojot vēlreiz Pitagora vienādojuma (8) atrisinājuma formulas (9), izteic

$$u^2 = a^2 + b^2, \quad 2v^2 = 2ab, \quad (a, b) = 1. \quad (17)$$

Tādēļ jābūt

$$a = \pm X^2, \quad b = \pm Y^2 \quad (18)$$

ar veseliem skaitļiem  $X, Y$ , un no (17) izriet (14) tipa vienādojums

$$X^4 + Y^4 = u^2 \quad \text{ar} \quad Y^2 \cdot 4u^2 X^2 Y^2 = y^2 \quad (19)$$

(ievērojot, ka, pēc (15), (16), (17), (18),  $y^2 = 2mn = 2u^2 \cdot 2v^2 = 4u^2 (ab) = 4u^2 X^2 Y^2$ ).

Ja vienādojumam (14) būtu veselu skaitļu atrisinājums  $x, y, z$  ar  $xy \neq 0$ , tad, pēc (19), tam arī būtu atrisinājums  $X, Y, u$ , ar  $XY \neq 0$  un  $Y^2 < y^2$ . Šo slēdzienu atkārtojot, dabūtu **bezgalīgu** dabisko skaitļu virkni, kuras pirmais loceklis ir  $y^2$  un katrs nākošais mazāks par iepriekšējo, kas acīmredzot nav iespējams (jo tādu skaitļu  $Y^2$ , kas mazāki par  $y^2$ , ir tikai **galīgs** skaits).

So Fermā lietoto pierādīšanas metodi sauc par bezgalīgo samazināšanu (*descente infinie*).

Misis Flega nopūtās. Domās iegrimušais velns viņai pēkšņi likās ļoti pazīstams: viņš gandrīz nemaz neatšķīrās no vecā universitātes profesora Atkinsa, vīra kolēģa. Vajag tikai diviem matemātiķiem iedziļināties kādā mokošā un vilinošā problēmā, lai viņi...

Viņa padevīgi gāja laukā ar visu kafijas kannu. Nebija šaubu — tā būs ilga, nogurdinoša konference. Misis Flega to zināja labi. Viņa taču bija pazīstama matemātiķa sieva.

Arturs Pordžess (*Arthur Porges*) ir amerikāņu rakstnieks fantasts, dzimis 1915. gadā. Stāsts «Saimons Flegs un velns» («Devil and Simon Flegg») pirmoreiz publicēts žurnālā «Fantasy and Science Fiction» 1954. gadā.



## Fiziku un astronomu kopīgs seminārs

Gadskārtējais Rīgas seminārs magneto-hidro-dinamikā 1978. gada 15. līdz 17. novembrī notika Majoros, viesnīcas «Jūrnala» konferenču zālē. Sākus seminārus ik gadu organizē Latvijas PSR ZA Fizikas institūts, un tie veltīti dažādiem magneto-hidro-dinamikas aspektiem. Šoreiz semināru rīkoja divas organizācijas — Fizikas institūts un PSRS ZA Astronomijas padome, un tā uzmanības centrā bija dažādas ar magnētisko lauku saistītas astrofizikas problēmas. Kā zināms, mūsu republikas ZA Fizikas institūtā galvenokārt pēti magnētiskā lauka izpausmes laboratorijas apstākļos. Plaši zināmi šī institūta darbi šķidrumu magneto-hidro-dinamikā. Turpretim kosmosā magneto-hidro-dinamiskie procesi noris pavisam citos apstākļos nekā laboratorijā — tos raksturo, piemēram, milzīgi telpas un laika mērogi, atšķiras arī pārējie procesu raksturojošie parametri. Šis seminārs bija iecerēts, lai speciālisti, kas strādā šajās it kā tik dažādās magneto-hidro-dinamikas nozarēs, būtu informēti par veikto abās šajās nozarēs un varētu padomāt par to, vai nav iespējams izmantot iegūtos rezultātus savā tiešajā darbā. Sānāsmē piedalījās ap 30 astrofiziku un magneto-hidro-dinamikas speciālistu no dažādām Padomju Savienības pilsētām.

Semināra darbs sākās, aplūkojot no astrofizikas viedokļa ļoti interesantu jautājumu — magnētisko dinamo. Šo problēmu astrofizikā aktīvi risina gan teorētiski, gan

laboratorijās. Uz Zemes, piemēram, šis jautājums ir saistīts ar lielas jaudas atomreaktoru projektēšanu. Ja dzesējošā šķidruma (bieži vien tas ir izkausēts metāls, piemēram, nātrijs) plūsmas ātrums ir liels, reaktorā var ģenerēties papildu magnētiskie lauki un strāvas, kas var izjaukt tā normālu darba režimu. Bet kosmosā tieši magnētiskā dinamo mehānisms ir atbilstošs par Saules magnētiskā lauka izcelsmi un tās 11 gadu aktivitātes ciklu.

Interesantu referātu par magnētiskā lauka ierosmi turbulenta šķidruma plūsmā nolasīja Fizikas institūta līdzstrādnieks A. Gailītis. Izrādās, ka arī laboratorijas apstākļos, jau pie samērā nelieliem iekārtas izmēriem un salīdzinājumā ar kosmosa apstākļiem nelielajiem šķidruma plūsmas ātrumiem, iespējams panākt diezgan efektīvu magnētiskā lauka ģenerāciju. It sevišķi tas attiecas uz gadījumu, kad šķidruma plūsma ir organizēta skrūvveida kustībā. Ziņojumu par dažiem magnētiskā lauka ģenerēšanas jautājumiem kosmosa apstākļos nolasīja S. Vainšteins (Irkutska), bet A. Ruzmaikins (Maskava) pastāstīja par Galaktikas magnētiskā lauka ģenerēšanas problēmām.

Magnētisko lauku izpausmēm laboratorijas apstākļos bija veltīti Fizikas institūta līdzstrādnieku J. Koļesņikova un E. Krasilņikova ziņojumi. Viņi aplūkoja interesantu parādību, ko pēta Latvijas fizikā — t. s. divdimensiju turbulenci. Konstatēts, ka zināmos apstākļos spēcīgs magnētiskais lauks turbulenci nelikvidē pavisam, kā līdz šim ir pieņemts domāt, bet

gan nodzēs turbulentās kustības tikai vienā virzienā — magnētisko spēka līniju virzienā. Turpretī plaknē, kas perpendikulāra magnētiskā lauka līniju virzienam, turbulentās kustības saglabājas. Sai parādībai var būt arī astrofizikāli pielietojumi — piemēram, tai var būt zināma nozīme Saules plankumu veidošanās procesā. J. Platnieks (Rīga) pastāstīja par eksperimentālām iekārtām, kādās pēta magnētiskās parādības šķidrajos metālos — ielākoties noslēgtās cauruļvadu sistēmas, pa kurām magnētiskajā laukā cirkulē darba viela. Diemžēl fizikālie apstākļi šajās ierīcēs tik ļoti atšķiras no apstākļiem kosmosā, ka tajās praktiski nav iespējams modelēt astrofizikālos procesus.

Semināra otrajā daļā, iztīrējot astrofizikālos procesus, klātesošie noklausījās vairākus saistošus ziņojumus par dažādām kosmiskās magnetohidrodinamikas problēmām. Lielu interesi izraisīja S. Sirovatska (Maskava) uzstāšanās par konvekciju zvaigznēs, ņemot vērā to rotācijas kustību. Izrādās, ka šādos apstākļos var veidoties gigantiskas izstieptas šūnas, kas stiepjas no pola līdz polam. Šajās šūnās savukārt var rasties virpuļveida plazmas kustības, kas spēj ģenerēt magnētisko lauku. Pēc referenta domām, šīs kustības arī ir Saules magnētiskā lauka cēlonis. Bet šo izstiepto šūnu pārorientēšanās ekvatoriālā

virzienā var izjaukt lauka ģenerāciju. Šāds process varētu būt, piemēram, plaši pazīstamā Maundera minimuma cēlonis, kad Saule ilgāku laiku (70 gadus) bija mazaktīva.

A. Dudorova (Čelabinska) ziņojums bija veltīts sākotnējā putekļu un gāzu mākoņu magnētiskā lauka saglabāšanās iespējām zvaigznes vēlākajās evolūcijas stadijās. Izrādās, ka principā šis lauks spēj saglabāties līdz pat kodoltermiskās reakcijas sākumstadijām. Tomēr, kā norādīja daži semināra dalībnieki, zināmas šaubas izraisa šim nolūkam nepieciešamā ārkārtīgi zemā jonizācijas pakāpe un temperatūras ( $-n_e/n \approx 10^{-12}$ ), lai novērstu lauka omisko disipāciju. Bez tam šādam laukam būtu jāizzūd, zvaigznes vielai sajaucoties konvektīvajā stadijā. Rezultātā šis lauks tomēr nevarētu būtiski ietekmēt zvaigznes tālāko evolūciju. Acīmredzot jau evolucionējošu zvaigžņu magnētiskais lauks tiek ģenerēts citādā ceļā — pēc visa spriežot, ar dažādu dinamisko mehānismu palīdzību.

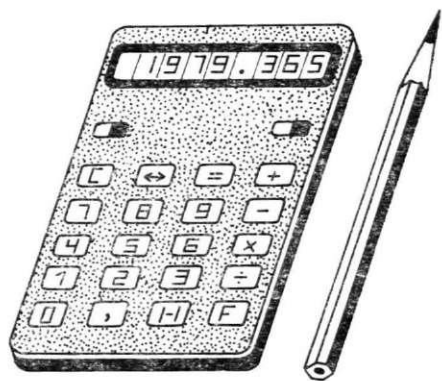
Semināra dalībnieki, kuri bez minētajiem referātiem noklausījās vēl vairākus informācijas bagātus ziņojumus, vienprātīgi atzina — tikšanās bija vērtīga, jo ļāva aplūkot dažas magnetohidrodinamikas problēmas, apmainīties domām un uzskatiem par to pielietojamības iespējām.

I. Š m e l d s



## MIKROSKAITĻOTĀJU IZMANTOJAMĪBA ASTRONOMIJAS UZDEVUMU RISINĀŠANĀ

Cilvēce savā gadsimtiem ilgajā vēsturē allaž šķīrusi ceļu progresīvām metodēm zinātnē, tehnikā un apmā-



cībā. Tiklīdz bija ieviesti arābu cipari, cilvēki neatgriezeniski atvadījās no romiešu ciparu izmantošanas skaitļošanā. Reizē ar elektromotoru izgudrošanu no pilsētu ielām pazuda zirgu tramvajs. Šādu piemēru ir daudz. Bet, kopš 1971. gada beigās parādījās pirmais elektroniskais mikroskaitļotājs, sākās pakāpeniska atvaidīšanās no logaritmiskā lineāla, mehāniskā un elektriskā aritmometra, trigonometriskām un citām

tabulām. Ar mikroskaitļotāju elektroniskā skaitļošanas tehnika ienāk katra cilvēka, arī skolēna dzīvē. Lai šī tehnika skolā dotu didaktisku efektu, savlaicīgi jāveic attiecīgi pētījumi. Tāpēc mēs nolēmām ar teorētisku analīzi un pedagoģisku eksperimentu apbrēt mikroskaitļotāju pielietojamību fizikas apmācībā. Astronomija ir pateicīga tēma šī jautājuma sākotnējai risināšanai.

### Astronomijas uzdevumu tematika skolā

Jaunajā astronomijas programmas projektā teikts, ka skolēnam jāmaks risināt uzdevumus 1) ģeogrāfiskā platuma noteikšanai pēc zvaigznes augstuma kulminācijā, 2) attāluma noteikšanai pēc paralaksēs (un otrādi), 3) debess ķermeņu lineāro izmēru aprēķināšanai pēc leņķu datiem, 4) planētu attāluma aprēķināšanai līdz Saulei pēc dotā perioda (un otrādi), 5) zvaigznes absolūtā lieluma atrašanai pēc paralaksēs un redzamā zvaigžņu lieluma. Bez tam astronomijas uzdevumi jārisina fizikā mehānikas nodaļās: kustība smaguma spēka iedarbībā, ķermeņa svars, bezsvars, mākslīgo pavadoņu un planētu kustība. Uzdevumu risināšana pilda noteiktas didaktiskas funkcijas. Tā nostiprina skolēnu teorētiskās zināšanas, māca pielietot šīs zināšanas praksē, veido

un paplašina pasaules uzskatu. Astronomijā līdzās kvalitatīviem uzdevumiem jārisina arī skaitliskie uzdevumi, jo astronomijā daudzos gadījumos uzskatāmību var panākt tikai ar salīdzinošu skaitļu palīdzību, kā, piemēram, uzdevumos par Saules sistēmu. Šī uzdevuma risināšanas didaktiskā vērtība bieži tiek aizmirsta.

### Skaitļu noapaļošana uzdevumu nosacījumos

Pārrunās ar skolotājiem mūsu uzmanību saistīja sūdzības par to, ka astronomijas nodarbībās neatliek laika risināt uzdevumus. Pārāk daudz laika aizņem skaitļošana. Turpretī, apgūstot citu fizikas nodaļu vielu, uzdevumi tiek risināti visai intensīvi. Ar ko tad astronomijas uzdevumi atšķiras no līdzīgiem fizikā? Atbildi rodam, pārskatot uzdevumu krājumus. Vairumā fizikas uzdevumu nosacījumos dotie lielumi tiek stipri noapaļoti. Ja formulā būs trigonometriskās funkcijas, tad uzdotsais leņķis tiek izvēlēts 30, 45 vai 60°, resp., tabulas nav jālieto. Fizikālie lielumi satur vienu vai divus zīmīgus ciparus, reti kad trīs. Brīvās krišanas paātrinājumu bieži uzdod 10 m/s<sup>2</sup>, kaut gan pat pašu skolēnu eksperimentos to nosaka ar divzīmju ciparu precizitāti. Šāda noapaļošana tiek darīta apzināti, lai saīsinātu laiku skaitļošanai.

Astronomijas uzdevumos līdzīga noapaļošana pieļaujama reti. Tā, piemēram, lai rēķinātu uzdevumu par Zemes rādiusa atšķirību ekvatora un polu rajonos, jāoperē ar skaitļiem, kas satur pieczīmju ciparus. Līdzīgi ir uzdevumos par pa-

pildu paātrinājumu, ko Mēness piešķir Zemes centram, un uz Zemes virsmas.

### Astronomijas uzdevumu skaitļošanas hronometrāža

Pirmajā mirkli varētu likties, ka skaitļošanā nav lielas atšķirības, vai rēķinā izmanto skaitli 300 vai 314. Taču jau visvienkāršākais hronometrāžas eksperiments runā tam pretī. Divu viencipara skaitļu sareizināšana aizņem dažas sekundes laika, turpretī divu trīsciparu skaitļu reizināšana aizņem gandrīz veselu minūti. To var pārbaudīt katrs. Lai iegūtu precīzāku hronometrāžas ainu par skaitļošanu astronomijas uzdevumos, mēs veicām vairākus pedagoģiskus eksperimentus Rīgas 74. vidusskolas 10. klasē ar krievu mācību valodu. Fizikas kabinets ir apgādāts ar 10 mikroskaitļotājiem «Электроника БЗ-18А». Skolēniem tika piedāvāts izskaitļot uzdevumus (skat. tabulu) par Saules sistēmas deviņām planētām vispirms ar logaritmisko lineālu, tad ar mikroskaitļotāju. Tā kā katru uzdevumu risina deviņos dažādos skaitliskos gadījumos, tad var aprēķināt vidējo skaitļošanas laiku. Bez tam viduvēšana notika pa visu skolēnu kopu. Pirms eksperimenta skolēni iepazinās ar uzdevumu risināšanas teorētisko gaitu un formulas iegūšanu. Pirms hronometrēšanas skolēni saņēma lapas, kurās bija nepieciešamie skaitliskie dati un formula. Tas ļāva hronometrēt tieši skaitļošanai patērēto laiku. Pirmajā uzdevumā, kurā aprēķina cilvēka svaru uz dažādām planētām, jāizpilda viena operācija — reizināšana. Ar logaritmisko lineālu patērētais laiks bija tikai divreiz lielāks, nekā rēķinot ar mikroskait-

lotāju. Taču jau izpildot dalīšanu (2., 3. uzd.), kā arī vienkāršas kāpināšanas operācijas (4., 5. uzd.), mikroskaitļotāja priekšrocības aug. Tas sevišķi jūtams uzdevumos ar vairākām jauktām operācijām (6., 7. uzd.). Ja vēl analizē patērēto laiku, piemēram, 6. uzdevumā par visām planētām, kas, lietojot logaritmisko lineālu, sastāda ap 15 minūtēm, kļūst skaidrs, ka tik daudz laika atvēlēt tikai skaitļošanai skolā nevar. Tāpēc šos visai saistošos un visādā ziņā nepieciešamos uzdevumus skolā nerisina.

Atsevišķā eksperimentā skolēni risināja uzdevumus ar astronomisku saturu no fizikas uzdevumu krājuma (Рымкевич А. П., Рымкевич П. А. Сборник задач по физике. М., «Просвещение», 1978). Salīdzinot skaitļošanas laikus darbā ar logaritmisko lineālu, mikroskaitļotāju vai bez palīglīdzekļu izmantošanas, var izdalīt tos uzdevumus, kuru risināšanai ieteicams izmantot mikroskaitļotāju. Tādi ir 182., 183., 184., 186. uzdevums nodaļā «Vispasaules gravitācijas spēks», bet nodaļā «Mākslīgo pavadoņu un planētu kustība» 234., 235., 236., 237. uzdevums. Jādoma, ka nākotnē uzdevumu krājumi būs sakārtoti, pievienojot norādi uz mikroskaitļotāju lietošanu. Tas ļautu racionāli organizēt mācību stundas ar minimālu laika patēriņu skaitļošanai.

Daudz laika aizņem laboratorijas darbu apstrāde. Piemēram, laboratorijas darbam «Brīvās krišanas patrinājuma noteikšana ar svārsta metodi» apstrādei (neskaitot laiku skaitļi un formulu pierakstīšanai) nepieciešamas apmēram 10 minūtes, bet, rēķinot ar mikroskaitļotāju, no vienas līdz četrām minūtēm atkarībā no skolēna veiklības.

Tā kā mikroskaitļotāji ir darbināmi arī no akumulatora vai baterijām, tad tie ir ērti izmantojami arī speciālos laboratorijas darbos astronomijā, kurus veic laukā. Sevišķi tas var noderēt fakultatīvās nodarbībās un astronomijas pulciņa darbā. Šajā gadījumā var iztikt arī ar vienu mikroskaitļotāju. Astronomijas entuziastiem būtu lietderīgi apmainīties domām un pieredzē šajos jautājumos.

### **Skaitļošanas precizitāte un skolēnu psiholoģija**

Mikroskaitļotāja lietošana palielina arī skaitļošanas precizitāti. Lietojot logaritmisko lineālu, var operēt ar skaitļiem, kas satur ne vairāk kā trīs zīmīgus ciparus. Kā jau teikts, vairākos astronomijas uzdevumos tas nav pietiekami. Tā kā mikroskaitļotāja rēķināšanas laiks būtiski neizmainās, lietojot trīs-, piec- vai astoņzīmju ciparus, tad paveras iespējas risināt uzdevumus ar reāliem dotiem lielumiem, kā arī daudzus jaunus interesantus uzdevumus, kas prasa augstu skaitļošanas precizitāti (Zemes deformācija, pasuma un bēguma teorijas aprēķini utt.).

Reizē ar precizitātes kvalitatīvu pieaugšanu rodas problēma par tās saprātīgu izmantošanu. Tā, piemēram, minētajā laboratorijas darbā skolēni aprēķina rezultātus pierakstīja ar pieczīmju cipariem, kaut gan mērījumu precizitāte bija tikai ap 1%, t. i., divzīmju cipari.

Nobeigumā nedaudz par skolēnu psiholoģiju darbā ar mikroskaitļotājiem pedagoģiskā eksperimenta laikā. Skolēnu attieksme pret tehniku ir neapšaubāmi pozitīva. Lietojot mikroskaitļotājus, viņi labprātāk risina uzdevumus. Taču jāteic,



**Vidējais skaitļošanas laiks  $t$  vienam uzdevumam un visiem uzdevumiem  
 $T$  (sekundēs) par Saules sistēmas planētām**

Nr.	Uzdevums	Formula	lg lineāls		mikroskaitļotājs	
			$t$	$T$	$t$	$T$
1.	Svars uz planētas	$P = mg, m = 60 \text{ kg}$	13	117	6	54
2.	Attālums līdz Saulei (a. v.)	$D = S/S_z$ $S_z = 149,7 \cdot 10^9 \text{ m}$	35	315	7	63
3.	Laiks, kurā Saules gaismas saasniedz planētu	$t = S/c$ $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	33	297	7	63
4.	Sideriskais periods (gados)	$T = D^3/2$ $D = \text{a. v.}$	33	297	7	63
5.	Vidējais orbitālais ātrums	$v = (aD)^{1/2}$	65	585	11	99
6.	Centrtieces paātrinājums	$a = G M_s/D^2$ $G = 6,673 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$	102	918	17	153
7.	Brīvās krišanas paātrinājums	$g = G M_p/R_p^2$	162	1458	19	171
Kopā					1 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup>	

ka skolēnos ātri izstrādājas akla uzticēšanās elektroniskajai mašīnai. Tas, protams, nav slikti un visumā pat pareizi, taču nepieciešams, lai skolēni noteikti kontrolētu ievadāmos skaitļus. Līdz galam nenospiests vai kļūdaini nospiests taustiņš novedīs pie kļūdas rezultātā. Skolēni pedagoģisko eksperimentu uzņēma saprotoši. Kaut arī viņiem tika lūgts skaitļošanu veikt nestei-

dzoties, tomēr zemapziņā skolēnus pārņēma sacensības gars. Tāpēc iegūtie hronometrāžas rezultāti aplūkojami kā apakšējā robeža. Tas nozīmē, ka brīvā, nepiespiestā atmosfērā skaitļošana tiks veikta nedaudz lēnāk, gan lietojot logaritmisko lineālu, gan mikroskaitļotāju.

T. Romanovskis,  
A. Revunovs



## SENO MAIJU KALENDĀRA SISTĒMA

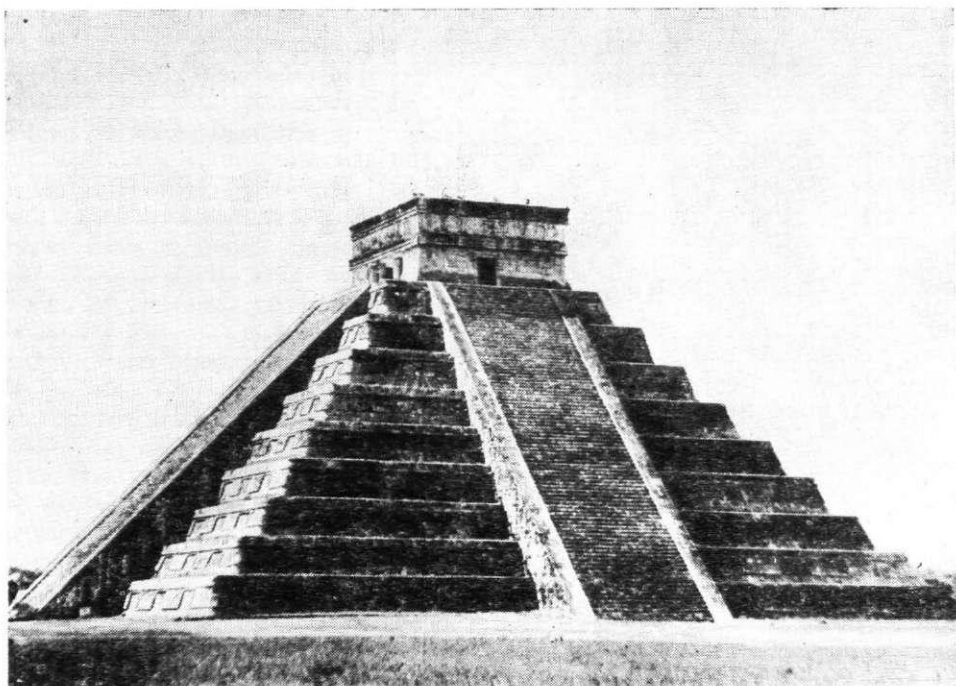
VASILIJŠ KOŽANČIKOVŠ



Vasilijš Kožančikovš bija botāniķis. Viņa interesi saistīja augu formu evolūcija dažādu ārējās vides faktoru ietekmē, kosmisko ritmu pazīmes Zemes dzīvajā dabā. Meklējot seno katastrofu lieciniekus, viņš pievērsās maiju hronikām, kur sakrāta bagātīga informācija. Līdz ar to radās nepieciešamība iedziļināties maiju kalendāra struktūrā, rezultātā viņš pamanīja maiju kalendārā vēl nezināmas iezīmes. V. Kožančikovš arī saprata, ka maiji izveidojuši savu kalendāru tā, lai varētu fiksēt dažādu dabas parādību periodiskumu un izmantot šīs zināšanas bīstamu notikumu prognostikā. V. Kožančikovš bija Ņeņingradietis, dzimis 1942. gada smagajos blokādes apstākļos. Viņa vecāki arī bija bioloģi, tēvs — zooloģijas profesors. Pēc Ņeņingradas universitātes beigšanas V. Kožančikovš strādāja PSRS ZA Botānikas institūtā. 1960. gadā viņš aizstāvēja bioloģijas zinātņu kandidāta disertāciju par augu sēklu morfoloģiskām īpašībām ārējo faktoru ietekmē. Viņam bija plašs redzesloks un oriģināla zinātniska domāšana. 70. gados viņš pievērsās augu makromorfoloģiskajai evolūcijai Saules sistēmas procesu ietekmē, bet iesāktie pētījumi tomēr palika nepabeigti. 1975. gada oktobrī V. Kožančikovš atceļā no Sevastopoles, kur viņš pavadīja savu atvaļinājumu, traģiski gāja bojā.

Kas līdz šim bija zināms par maiju kalendāru?

Galvenā šī kalendāra struktūras īpatnība ir tāda, ka te katrreiz ņemts vērā, cik daudz dienu pagājis kopš hronoloģijas sākumdienu, analogiski tam, kā astronomi skaita dienas pēc Jūlija kalendāra. Turpretī parastie eiropiešu kalendāri norāda, cik gadu



1. att. Maiju piramīda Čičenicā.

pagājis kopš laika skaitīšanas sākumpunkta, un dienas skaita tikai atsevišķa gada ietvaros. Apgūt maiju kalendāru bez tam vēl apgrūtina viņu īpatnējā skaitīšanas sistēma, kur katrā augstākajā šķirā skaitļi ir nevis desmit (kā mums), bet divdesmit reižu lielāki nekā iepriekšējā, resp., pirmā skaitļu klase beidzas ar 20, otrā — ar 400, trešā — ar 8000 utt. Vislielākā maiju skaitīšanas vienība, izsacīta decimālajā sistēmā, bija 25 600 000 000. Bez tam maiji savos kalendāra rēķinos lietoja trejāda garuma periodus: 260 dienas garu periodu — colkinu —, 360 dienas garu gadu — tunu — un 365 dienas garu gadu — haabu.

260 dienu periodu veidoja 13 dienu «nedēļas» (lidzšinējā terminoloģijā) un 20 dienu «mēneši» (vinali), kur «nedēļas» dienas tika numurētas no 1 līdz 13, bet «mēneša» dienām bija katrai savs nosaukums. 365 dienu gadu veidoja 18—20 dienu «mēneši» kopā ar 5 papilddienām, kuras maiji uzskatīja par nelaimīgām. Abu šo lielo periodu kombinācija veidoja 52 gadu ciklu, kura ietvaros tad arī ritēja dienu skaitīšana. Bez tam maiji arī norādīja, cik dienu, 20 dienu «mēnešu», 360 dienu gadu (tunu) un citu, augstāku laika rēķināšanas vienību ir pagājis no gadu skaitīšanas sākumpunkta līdz attiecīgajai dienai. Lūk, šīs augstākās vienības:

- 20 tuni — 1 katuns,
- 20 katuni (400 tuni) — 1 baktuns,
- 20 baktuni (8000 tuni) — 1 piktuns,



2. att. Karakola — Cičenicis observatorija.

## Seši paralēli kalendāri

Maiju hronoloģijas šķietamo nesaskaņu izdevās izskaidrot šā raksta autoram, pieņemot vispirms, ka maiju datums nesastāv no trim komponentēm, bet gan ka to veido 360 dienu gada atvasinājumi: «4 ahav» jāsaprot kā piktuna pēdējā diena, bet cipars «8» rāda ne tikai dienas kārtu 20 dienu periodā, bet arī šā perioda numuru, kurš līdz ar 20 dienu perioda nosaukumu tiek ņemts vērā visos maiju kalendāra rēķinos. Līdz ar to 13 dienu periodu (līdzšinējā terminoloģijā — «nedēļu») ir pareizāk uzskatīt par mēnesi, kur katrai dienai ir savs numurs, bet 20 dienu periodu («mēnesi») — par nedēļu, jo te katrai dienai ir savs nosaukums. Turklāt pretēji eiropiešu kalendāram maiju 13 dienu mēnešiem nebija savu nosaukumu, bet īpaši vārdi bija doti 20 dienu nedēļām. Minētais pieņēmums ir izrādījies pareizs, pārbaudot vairāku vēsturisku hroniku datējumu.

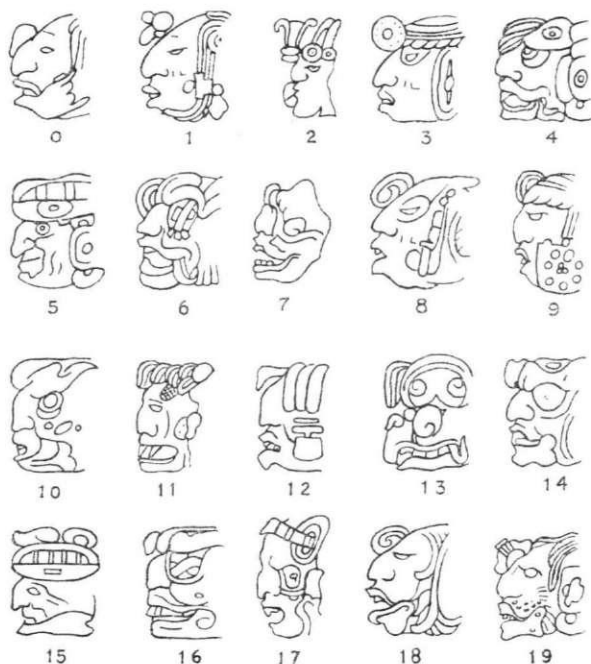
Maiju kalendāra tālāka analīze parādīja, ka to veido sešas paralēlas un savā starpā saistītas kalendārās sistēmas, kas katra pamatojas regulārās astronomiskajās parādībās:

- 1) atsevišķo dienu secīgas skaitīšanas sistēma;
- 2) zvaigžņu kalendārs;

- 20 piktuni (160 000 tuni) — 1 kalabtuns,
- 20 kalabtuni (3 200 000 tuni) — 1 kinčiltuns,
- 20 kinčiltuni (64 000 000 tuni) — 1 alavtuns.<sup>1</sup>

Tāpēc maiju hronoloģijas sākumdatums «1.11.19.0.0.0.04 ahav 8 Kumhu» parasti lasīts šādi: «no laika skaitīšanas nulles datuma ir pagājis viens kinčiltuns, 11 kalabtunu, 19 piktunu, neviens baktuns, neviens katuns, neviens tuns, neviens vinals, neviens kins (diena)». «Ahav» diena — 260 dienu periods 13 dienu nedēļas 4. diena — reizē ir 365 dienu gada Kumhu mēneša 8. diena. Tādā kārtā maiju datumu ir pieņemts lasīt, ievērojot trīs elementus: 1) izteiksmi «1.11.19.0.0.0.0.» — pamatojoties uz 360 dienu gadu un augstāka ranga vienībām; 2) izteiksmi «4 ahav» — pamatojoties uz 260 dienu periodu un 3) izteiksmi «8 Kumhu» — pamatojoties uz 365 dienu gadu. Tomēr šādi noteiktais datums 365 dienu gadā iestājas 17 dienas pirms jaunā gada. Nesaskaņa?

<sup>1</sup> Par seno maiju kalendāru skat. arī grāmatā V. Kuzmiščevs. Maiju priesteru noslēpums. R., «Zinātnes», 1971.



3. att. Maiju skaitļu zīmes.

3) precēsijhronoloģiskais kalendārs;

4) Saules kalendārs;

5) Mēness kalendārs;

6) deviņdienu sistēma.

Šīs kalendārās sistēmas «darbojas» — apraksta kādu notikumu — visas vienlaicīgi, bet katrai no tām ir pašai savs sākumpunkts. Aplūkosim tās.

1. *Dienu kalendārs.*

Šās sistēmas pamatā ir dienu skaitīšana reizē colkina un tuna ietvaros. Colkins ir tuna sastāvdaļa, tāpēc katrai dienai ir savs numurs nenosauktajā mēnesī un savs nosaukums nenosauktā nedēļā. Vismazākais noslēgtais šādas sistēmas cikls aptver 13 tunus. Nākošais saskaņā ar divdesmitnieku skaitīšanas sistēmu ir 13 katunu — 260 tunu — cikls utt. Dienu nosaukumi un numerācija katrā ciklā atkārtojas.

2. *Zvaigžņu kalendārs.*

Zvaigžņu kalendāra sistēmas pamatelements ir 365 dienu gads (haabs), kurā ietilpst 360 dienu gads — ar saglabātu tā dienu skaitīšanas sistēmu — un vēl 5 dienas. Atšķirībā no iepriekšējās sistēmas, kur 20 dienu nedēļām nebija vārdu, te katrai no šīm 18 nedēļām ir savs nosaukums. Zvaigžņu kalendāra sistēmā sastopam astoņu garumu ciklus: 4 haabi, 13 haabi, 52 haabi, 72 haabi, 936 haabi, 1461 haabs, 18 993 haabi un 379 860 haabi.

Garā gada diena šai sistēmā tieši ievērota netika, bet, lai saglabātos korelācija ar Saules gadu, reizi 1460 gados tika ieviests viens papildu gads. Tādā kārtā maiju zvaig-

žņu kalendārs pilnīgi atbilst senajā Ēģiptē pieņemtajam Lielā Gada periodam. Šai kalendāra sistēmai bija ārkārtīgi liela nozīme tai ziņā, ka tā ļāva sekot Saules un Venēras sinodiskās rotācijas periodu korelācijai.

### 3. Pecesijhronoloģiskais kalendārs.

Šī sistēma radās, zvaigžņu kalendāra sistēmu apvienojot ar dienu skaita kalendāru. Tās pamatā ir 360 dienu gads — tuns. 20 dienu nedēļām ir savi vārdi. Tā kā haabs ir par 5 dienām garāks nekā tuns, tad 4 gados tas pēdējam aiziet par vienu 20 dienu nedēļu priekšā. Tomēr, lai abi šie gadi nenobīdītos viens attiecībā pret otru, četri cits citam sekojoši tuni sākas ar vienu un to pašu nedēļu. Pirmā 20 dienu nedēļa šādā ciklā saucas «pop», nākošā «uo», pēc tam nāk «sip», «soc» utt. Četru tunu ciklā pirmā tuna pēdējo nedēļu sauc par kumhu. Tā kā tunā ir 18 nedēļas, viss cikls sastāv no 72 tuniem. Lai šis cikls pēc ilguma būtu saskaņots ar haabu ciklu, ir ieviests vēl papildu tuns — vajebs. Tādā kārtā viss cikls sastāv no 73 tuniem.

Precesijhronoloģiskā kalendāra sistēmā sastopam pavisam trejādus ciklus: 73 tuni, 949 tuni un 18 980 tuni (949 katuni). Šī sistēma ir izveidota, lai būtu iespējams rēķināties ar regulāro pavasara punkta nobīdi par vienu minūti 20 tunu laikā.

### 4. Saules kalendārs.

Saules kalendāra pamats ir 365 dienu gads — haabs. Tomēr šeit atšķirībā no zvaigžņu kalendāra ievēdi nevis papildu gadu, bet gan reizi četros gados vienu papildu dienu. Tas liecina, ka maiji gadu uzskatījuši par 365 dienas un 6 stundas garu.

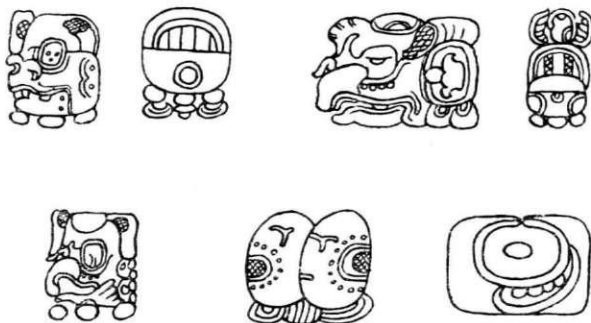
365 dienu gads, tāpat kā zvaigžņu kalendārā, pamatojas 360 dienu gadā, saglabājot tā dienu numerāciju un nosaukumus un pievienojot vēl 5 dienas. Līdz ar to šās sistēmas dienām ir katrai savs numurs nenosauktajā mēnesī, savs nosaukums 20 dienu nedēļā un vēl nedēļas nosaukums. Šai sistēmā sastopam deviņu veidu ciklus: 4 haabi, 52 haabi, 80 haabi, 128 haabi, 1460 haabi, 1664 haabi, 2560 haabi, 46 080 haabi un 599 040 haabi.

### 5. Mēness kalendārs.

Šai kalendārā notiek dienu un Mēness mēnešu skaitīšana pēc Mēness pusgadiem — sešiem Mēness mēnešu cikliem. Mēness mēneša garums te pieņemts vienlīdzīgs 29,5 dienām. Šai sistēmā sastopam piecējādus ciklus: 29,5 dienas, 59 dienas, 118 dienas, 177 dienas un 2360 dienas.

### 6. Deviņdienu kalendārs.

Deviņdienu kalendārs saista savā starpā Saules un Mēness kalendāru sistēmas. Dienām te saglabāti tie apzīmējumi, kādi tām doti attiecīgajā kalendārā, pievienojot vēl



4. att. Maiju kalendāra zīmes.

kārtas numuru deviņu dienu posmā un speciālu hieroglifu. Šai sistēmā sastopam piecējādus ciklus: 9 dienas, 117 dienas, 180 dienas, 2340 dienas un 4680 dienas.

Kā redzam, maiju kalendāra sistēma ir ļoti cieši saistīta ar astronomisko parādību periodiku. Tas liek domāt, ka tās galvenā funkcija ir astronomisko parādību uzskaitē un paredzēšana.

## Maiju kalendāru sākumdatumi

Izrādās, ka katrai iepriekš aprakstītajai maiju kalendāra sistēmai bija savs sākumdatums. Tā kā seno maiju Saules gads pēc garuma bija vienlīdzīgs Zemes tropiskajam gadam, šos kalendāru nullpunktus ir iespējams izteikt mums pierastajā Jūlija kalendāra sistēmā:

- 1) dienu skaita kalendāra nulles datums  
0.0.0.0. 13 ahav (564 361. Jūlija diena) ir 4. marts 3168 g. p. m. ē.;
- 2) Saules kalendāra sistēmas nulles datums  
0.0.5.8. 4 lamat (564 469. J. d.) ir 20. jūnijs 3168. g. p. m. ē.;
- 3) Mēness kalendāra sistēmas nulles datums  
0.0.6.3. 6 akbal (564 484. J. d.) ir 5. jūlijs 4168. g. p. m. ē.;
- 4) zvaigžņu kalendāra sistēmas nulles datums  
3.1.3.3. 1 akbal (586 384. J. d.) ir 20. jūnijs 3108. g. p. m. ē.;
- 5) deviņu dienu kalendāra nulles datums  
4.3.8.18. 2 esanab (594 419. J. d.) ir 20. jūnijs 3086. g. p. m. ē.;
- 6) hronoloģijas nulles datums, izteikts pēc
  - a) Saules kalendāra sistēmas, — 4.3.9.0. 4 ahav 3 Kumhu;
  - b) zvaigžņu kalendāra sistēmas, — 4.3.9.0. 4 ahav 8 Kumhu;
  - c) precesijhronoloģiskās kalendāra sistēmas, 1.11.19.0.0.0.0.0. 4 ahav 8 Kumhu.
 (Šī diena astronomiskajā laika skaitīšanā atbilst 594 421. dienai, bet pēc Saules gada — 22. jūnijam 3086. gadā p. m. ē. Tātad šis vasaras saulstāvju datums ir trešā diena kopš seno maiju Saules gada sākuma šai periodā.);
- 7) pašas precesijhronoloģiskās kalendāra sistēmas nulles datums ir 25. aprīlis 5 009 599. gadā p. m. ē.



5. att. Maiju hieroglifi kosmisko simbolu apzīmēšanai.

## Kā maiji uztvēra laiku?

Kalendāra sistēmu analīze pierāda, ka maijiem bija ģeocentriskais pasaules uzskats. Dažādi pieminekļi ir datēti ar astronomiskām parādībām, kā Saules un planētu konjunkcijām, opozīcijām, kvadraturām u. tml. Līdz ar to vēlreiz apstiprinās doma, ka astroņomijai maiju dzīvē bija ļoti liela loma.







## ITĀĻU ASTRONOMA ANDŽELO SEKI PĒDĒJĀ VĒLĒŠANĀS



Starp dažādiem Rīgas baltvācu preses izdevumiem no 1876. līdz 1882. gadam iznāk die-nas avīze «Neue Zeitung für Stadt und Land» (Jaunā pilsētas un lauku avīze), kas vēlāk reizē ar īpašnieka maiņu maina arī savu nosaukumu. Avīze pilnīgi apmierina šejienes vāciešu (birģeļu un muižnieku) intereses. Savā ārējā struktūrā avīze neatšķiras no tā laika latviešu un krievu avīzēm. Vispirms aktuālie politiskie notikumi iekšzemē un ārvalstīs, tad ziņas par epidēmiju izplatību, par ugunsgrēkiem, sensacionālāko krimi-nālo notikumu hronika utt. Apmēram trešo daļu no visa izdevuma aizņem sludinājumi. Vienīgā šī vācu izdevuma īpatnība ir katrā numurā atrodamā literārā populārzinātniskā nodaļa ar katrreizēju kopīgu virsrakstu *Fejetons*. Toreiz ar fejetonu saprata spraiģi un interesanti uzrakstītu rakstu, kam nevajadzēja obligāti būt asprātīgam vai jautram, kā tagad esam paraduši. Fejetonu nodaļā var atrast tā laika rakstnieku noveles, saistošus aprakstus par ievērojamām personām un arī populārus rakstus par zinātnes tēmām, piemēram, vai cilvēks spēs lidot, vai uz citām planētām iespējama dzīvība, par spektrālo analīzi, par pirmo dzelzceļu, par veģetārismu utt. Visbiežāk laikraksts izlīdzas ar aiz-guvumiem un tulkojumiem no citiem preses izdevumiem. 1879. gada 27. jūnijā (pec vecā stila) jeb 9. jūlijā (pēc jaunā stila) «Neue Zeitung für Stadt und Land» publicē no kāda Berlīnes izdevuma aizgūto L. Vālfedera informāciju par ievērojamo Itāļu astro-nomu Andželo Seki (Angelo Secchi, 1818—1878).

Raksts sākas tēlaini — Romā neviens nejutā, vai jūsu pulkstenis iet pareizi, bet gan prasa, vai pulkstenis iet pēc kanona<sup>1</sup>. Tam ir ļoti vienkāršs, taču ne gluži precīzs iemesls. Vienmēr tieši divpadsmitos dienā visā Romā ir dzirdams lielgabala šāviens. Tas atskan brīdī, kad virs Sv. Ignata baznīcas jumta tālu saskatāmā milzīgā masta galā

<sup>1</sup> Kanons — likumam pielīdzināts baznīcas priekšraksts.



1. att. Andželo Seki.

3. tips — iesārtās zvaigznes (Betelgeize, Mira *Ceti*) un 4. tips — neliela visai sarkanu zvaigžņu grupa. Šo iedalījumu ir izmantojuši daudzi pagājušā gadsimta astronomi, kamēr 20. gadsimta sākumā tā vietā nāca Hārvarda zvaigžņu klasifikācija. A. Seki spektroskopiju izmantojis arī Saules un planētu pētījumos. Viņš ir devis teorētisku Saules uzbūves modeli un izvirzījis hipotēzi par Saules plankumu rašanos. A. Seki ir pētījis Marsa virsmu, noteicis Jupitera saspiedumu un novērtējis Saturna gredzenu rotācijas periodu. Viņam ir arī darbi, kas saistīti ar komētu un dubultzvaigžņu novērojumiem. Daudzpusīgais itālis ir viens no pirmajiem fotogrāfijas izmantotājiem debess spīdekļu pētīšanā. Gluži paradoksāls liekas fakts, ka jezuīts A. Seki Sv. Ignata baznīcā, kas atrodas tajā pašā pilsētā, kurā pirms divarpus gadsimta inkvizīcijas tiesa piesprieda Galileo Galileju atteikties no uzskata par Zemes kustīgumu, atkārtoti eksperimentu ar Fuko svārstu, tādējādi vēlreiz apstiprinādams Zemes griešanos. Ja pieskaitām vēl klāt raksta sākumā minētās rūpes par to, lai Romas pulksteņi rādītu pareizu laiku, tad redzam, ka pātera A. Seki astronomisko nodarbību vēriens ir bijis ļoti plašs.

Vācu avīzē ievietotais raksts ir veltīts pretrunām starp karaļa un pāvesta varu sakarā ar A. Seki pēdējo vēlēšanos. Šī pēdējā griba ir lūgums Viņa Majestātei karalim

pakārtā melnā bumba sāk savu kritienu lejup. Par to, lai šī melnā bumba vienmēr nokristu tieši divpadsmitos, trīsdesmit gadus Sv. Ignata baznīcas observatorijā ir rūpējies jezuītu<sup>2</sup> pāters<sup>3</sup> Andželo Seki (kopš 1849. gada *Collegio Romano*<sup>4</sup> astronomijas profesors un observatorijas direktors).

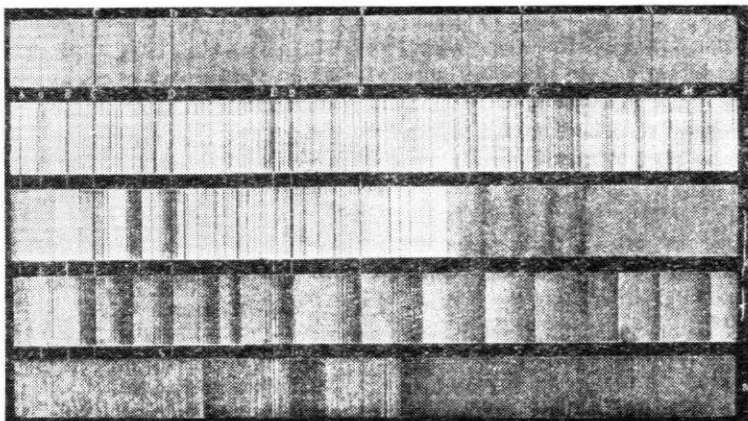
Raksta autors A. Seki nopelnu raksturošanai min viņa izgudroto meteorogrāfu<sup>5</sup>, par ko gan līdz mūsu dienām nav saglabājušas tuvākas ziņas, un trīs viņa sarakstītas grāmatas, kas tulkotas daudzās valodās. Ir jūtams, ka par galvenajiem A. Seki nopelniem zinātnē raksta autoram nav bijis izpratnes. Paši nozīmīgākie itāļu astronoma sasniegumi ir saistīti ar spektroskopiju. Viņš tūlīt pēc spektrālanalīzes atklāšanas 1860. gadā (G. Kirhofs un R. Bunzens) ir viens no tās pirmajiem pielietotajiem astronomijā. 1863.—1868. gadā viņš izpētījis apmēram 4000 zvaigžņu spektrus un pirmais tos iedalījis četros tipos: 1. tips — daudzās zilganbaltās zvaigznes (piemēram, Sīriuss, Vega, Regulus); 2. tips — iedzeltenās zvaigznes (Kāpella, Arkturs, Aldebarans), kuru spektri līdzīgi Saules spektram;

<sup>2</sup> Jezuiti — katoļu baznīcas garīgā ordeņa Jēzus biedrības locekļi. Ordenis dibināts cīņai pret reformāciju, kā arī pāvesta neaprobežotās varas nostiprināšanai. Jezuitu organizācija vienmēr kalpojusi vismelnākai reakcijai, tai ir noteicošā loma Vatikāna diplomātiskajā dienestā un katoļu misiju darbībā.

<sup>3</sup> Pāters (latīņu *pater* — tēvs) — katoļu mācītājs vai mūks.

<sup>4</sup> Collegio Romano — katoļu garīgā mācību iestāde.

<sup>5</sup> Meteorogrāfs — aparāts vairāku meteoroloģisku faktoru (gaisa temperatūras, spiediena un mitruma) vienlaicīgai automātiskai pierakstīšanai.



2. att. Četri zvaigžņu spektru tipi pēc A. Seki klasifikācijas (trešais un ceturtais no augšas atbilst 3. tipam).

Humbertam I arī turpmāk observatoriju Sv. Ignata baznīcā saglabāt mācību mērķiem un uzturēt no līdzekļiem, kas iegūti un paredzēti šim nolūkam. 1870. gadā Seki esot uzņēmies turpināt observatorijas vadīšanu ar noteikumu, ka pāvests uzturēs iestādi, kas viņam pieder. Pāvests savā laikā šo observatoriju nodibinājis un sagādājis līdzekļus lielākai daļai instrumentu. Kā raksta A. Seki, par pāvesta īpašuma tiesībām nevar būt šaubu, jo observatorija atrodas uz baznīcas jumta, kas neapstrīdami pieder viņam.

Pēc testamenta sastādītāja domām, valdībai nav vajadzīgi nedaudzie instrumenti, kas jau sen novecojuši un zinātnes prasības neapmierina, kamēr apmācību vajadzībām tie vēl gluži labi izmantojami. Tālāk A. Seki sniedz sīkus norādījumus par katru instrumentu, kurš no tiem ir iegādāts par pāvesta doto naudu un kurš ir zinātnieka paša īpašums. Tāpat arī par bibliotēkas grāmatām. Par testamenta izpildītāju A. Seki nosauc savu uzticīgo skolnieku un draugu Ferrari no Boloņas. Savus abus ordeņus (Francijas Goda leģiona un Brazīlijas Zelta rozes) novēl pakārt pie altāriem divās baznīcās, lai svētie atvieglotu viņa mokas šķīstīšanās ugunis gan šajā, gan viņā saulē. (Te pat raksta autors Vālfeders nespēj slēpt izbrīnu par to, ka viens no lielākajiem sava laika astronomiem ir bijis bērnišķīgs savā ticībā.)

Pēdējā vēlēšanās uzrakstīta 1878. gada februārī slimības gultā. Andželo Seki apzinās, ka viņam nebūs lemts no tās piecelties. Pēc dažām dienām savā pieticīgajā mājoklī līdzās observatorijai pāters Seki mirst ar kuņģa vēzi. Viņa izvadīšanā esot bijis vairāk neticīgo nekā ticīgo un pat daži eksministri — baznīcas trimdinieki.

Lai kaut cik saprastu tālākos notikumus, jāatceras sarežģītā, pretrunu pilnā Romas politiskā situācija toreiz, pirms 100 gadiem. 1849. gadā proklamēto republiku, kas pāvestam bija atņēmusi laicīgo varu, vēl tajā pašā gadā sagrauj apvienoto Eiropas kontr-revolucionāro spēku (galvenokārt Francijas) intervence, kas ilgst līdz 1870. gadam. Pēc

<sup>6</sup> Dž. Garibaldijs (1807—1882) — itāļu nacionālais varonis, viens no ievērojamākajiem revolucionārās demokrātijas vadoņiem, visu mūžu cīnījies par Itālijas apvienošanu. K. Markss un F. Engels augstu novērtēja viņa karavadoņa talantu un izcilo bezbailību, bet kritizēja par politisku tuvedzību un uzticēšanos monarhijai. Kad viņa organizētais karaspēks ienāk Romā, Garibaldijs ar saviem dēliem cīnās par Parīzes Komūnu.

franču aiziešanas Romā ienāk Garibaldija<sup>6</sup> un monarhistu karaspēks. Romu pasludina par apvienotās Itālijas karalistes galvaspilsētu un pāvestam atstāj tikai nelielu Romas teritoriju. Sadursmes starp autoritāti ieguvušo karaļa varu un laicīgās varas spēku zaudējušo Vatikānu ir neizbēgamas.

Pat nenogaidot tiesas lēmumu pātera Seki testamenta lietā, karaļa izglītības ministrs Kōpino kungs liek valdības komisijai ar policijas palīdzību sagrābt observatoriju, neuzklausot Ferrari un viņa salīgtā advokāta un notāra iebildumus. Acīmredzot pats Seki jau bija bijis nobažījies par katoļu baznīcas tiesībām uz observatoriju, tādēļ testamentā tik daudzas reizes atkārtojas īpašuma tiesību pierādījumi. Cik noprotams, arī Sv. Ignata baznīca neatradās tieši pāvesta pārvaldītajā teritorijā, tādēļ Vatikānam trūka iespēju cerēt uz panākumiem konfliktā ar karaļa valdību.

Raksts beidzas ar dziļu nožēlu par izglītības ministra patvaļu. Autors atzīmē, ka zinātnē Kōpino kunga vārds ir līdzīgs nullei salīdzinājumā ar Seki. Sis Kōpino 20 gadus, būdams deputāts, esot saņēmis profesora algu, bet šajā laikā neesot nolasiņjis nevienu lekciju. Vienīgais mierinājums izskan paziņojumā par pāvesta Leo lēmumu aicināt lielā itāļu astronoma Andželo Seki tuvāko skolnieku Ferrari no Boloņas uz Vatikānu, lai iekārtotu tur jaunu observatoriju.

Gribas vēl piezīmēt, ka lielā itāļu astronoma A. Seki veikums pilnīgi aizēno zemisko intrigu ap viņa testamentā izteikto pēdējo gribu. Par viņa darba turpinājumu var uzskatīt kolosālos astrofizikas sasniegumus, kas gūti, analizējot debess spīdekļu spektrus. Pie daudzajiem atzinības apliecinājumiem pieskaitāms arī tas fakts, ka Andželo Seki 1877. gadā tika ievēlēts par Pēterburgas Zinātņu akadēmijas korespondētājlocekli.

Leonids Roze

#### ■ JAUNUMI ĪSUMĀ ■ JAUNUMI ĪSUMĀ ■ JAUNUMI ĪSUMĀ

■ Saules plankumi rotē kopā ar Saules fotosfēru, tomēr ilgākā laika posmā, plankumiem sairstot un veidojoties no jauna, aktīvo apgabalu smaguma centrs atpaliek no Saules vispārējās rotācijas. Šās parādības izskaidrošanai padomju zinātnieks A. Dolginovs ir izteicis hipotēzi, ka plankumu veidošanos uz Saules aktivizē kādi viļņi, kas pārstaigā visu Sauli pretī tās rotācijas virzienam. Domā, ka šie viļņi rodas magnētisko lauku mijiedarbībā starp Saules vēja atrauto un uz Saules palikušo magnētisko lauku.

■ PSRS Zinātņu akadēmijas Fizikas institūtā konstatēts, ka to kosmisko staru intensitāte, kas iekļūst Zemes atmosfēras dziļākos slāņos, mainās ar apmēram 2 gadu periodu. Ar tādu pašu periodu mainās arī Zemes atmosfēras meteoroloģiskie parametri. Tomēr vēl nav skaidrs, vai kosmiskie stari ir meteoroloģisko parādību mainīguma cēlonis, vai arī otrādi — atmosfēras parametru izmaiņas regulē pie Zemes virsmas nonākušo kosmisko staru daudzumu.

■ Planētu gravitācijas spēku ietekme uz Sauli ir niecīga, tomēr ir novērotas vairākas sakarības starp planētu pārvietošanos ap Sauli un tās aktivitātes izpausmēm. Polārās ģeofizikas institūta līdzstrādnieks V. Kozelovs šādu atkarību izskaidro no rezonanses teorijas viedokļa kā sistēmu sinhronizāciju periodisku impulsu ilgstošas darbības rezultātā.



## PASTAIGA PA SAULES SISTĒMU

Kad mans kolēģis, Rostokas universitātes Fizikas sekcijas lektors G. Ruikolts (Ruikoldt) piedāvāja izbraukt uz Varnemindi pastaigāties pa Saules sistēmu, es uztvēru to kā poētisku apzīmējumu izbraukumam. Tās bija 1978. gada augusta pēdējās dienas, kad kosmosā uzlidoja pirmais VDR kosmonauts



1. att. Saules modelis pastaigu ceļa «Saules sistēma» sākumā Varnemindē VDR.

Zigfrīds Jēns. Jau dažas minūtes pēc sekmīgā starta Rostokas ielās parādījās krāsaini plakāti ar Z. Jēna un V. Bikovska attēliem. VDR šim notikumam bija nopietni gatavojusies. Taču, kad Varnemindē kafejnīcā «Neptūns» mums jau piedāvāja kokteiļi «Interkosmos», sapratu, ka pirmā vācieša VDR pilsoņa lidojums ir saviļņojis visus iedzīvotājus. To, protams, var saprast. Mums pašiem vēl spilgti atmiņā mūsu zemes pilsoņa J. Gagarina lidojums.

Pa kafejnīcas logu varēja vērot, ka cilvēku grupas drūzmējas ap stabiņiem, pie kuriem piestiprinātas plāksnītes. Šīs grupas, galvenokārt ģimenes ar bērniem, pārvietojās no viena stabiņa pie otra. «Kas gan tur tik interesants ir rakstīts, ka cilvēki nepārtraukti pulcējas pie šiem stabiņiem?» — «Tas arī ir pastaigu ceļš «Saules sistēma»,» atbildēja mans kolēģis. Un tad mēs kopā gājām ar to iepazīties. Pastaigu ceļa sākumā postaments, uz kura novietota dzeltena pita lode «Saule» (1. att.). Uz plāksnēm lasāma informācija par Saules sistēmu un pastaigu ceļu. Uz vienas no plāksnēm dota Saules sistēmas planētu orbītu projekcija uz ekliptikas plaknes, kuras fonā ir Varnemindes karte. Tas ļauj salīdzināt Saules sistēmu ar pastaigu ceļa izmēriem. Mērogs 1:10<sup>9</sup>, t. i., 1 m

Saules sistēmas modeļa izmēri mērogā 1 : 10<sup>8</sup>

Planēta	Simbols	Diametrs, cm	Attālums līdz Saulei (lielā pusass), m
Merkurs	☿	0,5	56
Venēra	♀	1,2	108
Zeme	♁	1,3	149
Mars	♂	0,7	228
Jupiters	♃	14,0	778
Saturns	♄	11,5	1428
Urāns	♅	5,1	2872
Neptūns	♆	5,0	4498
Plutons	♇	1,3(?)	5910

Saule

139,2



2. att. Uz pastaigu ceļa «Saules sistēma» pie Venēras. Planētas vieta iezīmēta ar stabiņu, tā galā — planētas simbols. Melnais punkts 1,2 cm diametrā uz plāksnītes attēlo Venēru. No kreisās — T. Romanovskis, G. Rukolts.

dabā atbilst 1 miljonam kilometru Saules sistēmā. Šāda attiecība ļauj vienlaikus atainot planētu attālumus līdz Saulei un planētu izmērus pret Sauli. Sevišķi uzskatāmu priekšstatu par savstarpējiem izmēriem tas dod, ja stāv pie staba ar

plāksnīti «Zeme» vai «Venēra». Zemes diametrs 1,2 cm, bet 149 m attālumā redzama Saule ar diametru 1,4 metri. Zeme tiešām salīdzinājumā ar Sauli ir iespaidīgi maza. Virs katras plāksnītes, kurā attēlota planēta relatīvā lielumā pret Sauli un dota īsa astronomiska informācija par planētu, redzams planētas simboliskais apzīmējums. Pastaigu ceļa garums vienā virzienā 6 km. Tas ir pietiekams attālums veselīgai un vienlaikus arī izglītojošai pastaigai. Ja šāds attālums šķiet par lielu, var aizstaigāt tikai līdz kādai tuvākai planētai (skat. tabulu).

Domāju, ka līdzīgus pastaigu ceļus varētu iekārtot arī mūsu republikā. Tam ir daudz piemērotu vietu Jūrmalā, Liepājā, Gaujas nacionālajā parkā un citur. Astronomijas entuziasti varētu uzņemties aprūpēt šādus pastaigu ceļus, bet pilsētu vai rajonu izpildu komitejas noteikti rastu līdzekļus šim vērtīgam pasākumam. Finansiāli tas nav dārgi, bet ieguvums sabiedrībai liels. Nobeigumā gribu piebilst, ka Vācijas Demokrātiskajā Republikā daudz kur redzēju vietējo astrono-

mu un ģeodēzijas entuziastu aprūpētas vietas. Tā, piemēram, Kēnigšteinas pili Saksijas Šveicē uz pils mūra uzstādītas vara plāksnes, no kurām var uzzināt, kādā virzienā jāskatās, lai ieraudzītu to vai citu kalnu vai apdzīvotu vietu, un kādā

attālumā tas atrodas. Nereti blakus ir uzstādīts tālskatis, kuru var izmantot par dažiem desmitiem feniņu. Tie ir sīkumi, kas dzīvi dara skaistāku un interesantāku.

T. R o m a n o v s k i s

#### ■ JAUNUMI ĪSUMĀ ■ JAUNUMI ĪSUMĀ

■ Padomju Tālo kosmisko sakaru centrā Krimā uzstādīta jauna galvenā antena — parabolisks spogulis ar 70 metru diametru. Tās laukums ir divarpus reizes lielāks nekā līdzšinējai — astoņiem blakus nostiprinātiem spoguļiem ar 16 metru diametru. Līdztekus radiosakaru uzturēšanai ar automātiskajām starpplanētu stacijām jauno antenu paredzēts lietot arī planētu radiolokācijai.

■ Amerikāņu kosmiskais aparāts ISEE-3 pēc vairākiem manevriem pietuvojies librācijas punktam starp Zemi un Sauli, t. i., vietai, kur abu ķermeņu pievilkšanas spēki viens otru līdzsvaro. Tagad aparāts atrodas pastāvīgā 1,5 miljonu km attālumā no Zemes un, pateicoties kustībai ap šo punktu, šķiet apriņķojam Sauli apmēram 6° attālumā no tās. Tādējādi ISEE-3 kalpo par priekšposteni Saules izraisītu parādību savlaicīgai pamanišanai starpplanētu telpā, pirms tās aizsniegušas Zemi.

■ Reizē ar ZMP «Interkosmos-18» padomju nesējraķete pacēlusi orbītā pavadoni «Magion» — pirmo, kuru visumā patstāvīgi (gan izmantojot Padomju Savienībā izgatavotas energoapgādes un siltumregulēšanas iekārtas) uzbūvējusi cita sociālistiskā valsts — Čehoslovākija. Lidojuma 21. dienā «Magion», kura masa ir 15 kg, atdalījās no galvenā pavadoņa «Interkosmos-18», lai uzsāktu savstarpēji saskaņotus Zemes magnetosfēras un jonosfēras pētījumus.



### «ZVAIGŽNOTĀS DEBESS» REDKOLĒGIJA ATBILD LASĪTĀJIEM

1978. gada martā «Zvaigžnotās debess» redkolēģija izsūtīja republikas vidusskolām aptaujas lapu ar lūgumu atbildēt uz dažiem jautājumiem par mūsu izdevumu. «Zvaigžnotā debess» iznāk jau kopš 1958. gada, un sakarā ar 20 gadu jubileju redkolēģija vēlējās saņemt ziņas par «Zvaigžnotās debess» popularitāti republikā, it īpaši skolotāju un skolēnu vidū, uzzināt lasītāju vērtējumu un gūt ierosinājumus turpmākajam darbam.

«Zvaigžnotās debess» redkolēģija ir ļoti pateicīga visiem, kas atbildēja uz aptaujā uzdotajiem jautājumiem, sevišķi rajonu vidusskolu skolotājiem, jo viņu atsaucība bija daudz lielāka; no 34 Rīgas skolām saņemtas tikai divas atbildes.

Bet tagad — sīkāk par saņemtajām atbildēm. Visi 43 skolotāji raksta, ka pazīst «Zvaigžnoto debesi». Atbildes uz otro jautājumu — vai skolu bibliotēkas to pasūta — pavēra visai divainu ainu, jo 38 atbildēs bija negatīvas. Daži raksta, ka iepriekšējos gados gan pasūtīja, bet tagad tas nav iespējams sakarā ar līdzekļu ierobežojumu («Zvaigžnotā debess» nemaksā pat vienu rubli gadā!). Izrādās, ka republikas Izglītības ministrija nav atzinusi par lietderīgu skolām pasūtīt šo populārzinātnisko izdevumu. Un tas, neraugoties uz to, ka mēs, astronomi, jau vairākus gadus cenšamies palīdzēt astronomijas pasniedzējiem, publicējot rakstus nodaļā «Astronomija skolā».

Uz trešo jautājumu: «Vai tuvākajā grāmatnīcā ir iespējams iegādāties «Zvaigžnoto debesi»?» 23 atbildes skanēja «jā», 13 — «reti», «ļoti reti», bet 7 — «nē». Skolotājs E. Tiltiņš no Elejas raksta, ka pirms dažiem gadiem grāmatnīca saņēma četrus eksemplārus, tagad — vienu.

Vienprātīga bija atbilde uz nākamo jautājumu, kura mērķis bija noskaidrot, vai lasītāji ir ieinteresēti «Zvaigžnoto debesi» iegādāties arī turpmāk. «Noteikti, jo tā man ļoti palīdz darbā un sniedz daudz interesanta materiāla jau apstrādātā formā,» raksta no Elejas; «Jā, jo astronomijas mācīšanās papildinformācija nepieciešama» (I. Krebse, Smiltene); «Pat ļoti, diemžēl ne vienmēr tas ir iespējams» (V. Kļavinskis, Jēkabpils).

Uz piekto jautājumu, vai «Zvaigžnoto debesi» lasa skolēni, daļa atbilžu bija pozitīva, ar piebildēm: ja iespējams dabūt, ja atnes skolotājs, ja var dabūt ciema (bet ne skolas!) bibliotēkā.

Daudzi skolotāji ļoti sīki atbildēja uz pēdējo, sesto aptaujas punktu par vēlējumiem un ierosinājumiem. Vairākus priekšlikumus, kas ir atkarīgi no redkolēģijas un autoriem, mēs noteikti centīsimies īstenot mūsu turpmākajā darbā. Domājams, ka lasītājiem būs interesanti iepazīties ar dažām atbildēm.

«Ierosinām izdot lielākā tirāžā, vairāk apgādāt provinci, rast iespēju abonēt tāpat kā pārējos preses izdevumus,» raksta skolotāja V. Tiruma no Kuldīgas; «Paliecināt tirāžu, lai skolēni rajonos varētu iegādāties, tematika patīk,» V. Ārmans no



Brocēniem; «Vēlams būtu lielaku vērību veltīt praktiskām amatieru novērošanas iespējām gan ko novērot, gan kā novērot,» M. Eglīte no Jūrmalas. Skolotāja N. Tetere no Naukšēniem piebilst, ka «vairākums rakstu ir izmantojami klasē un skolēnu patstāvīgam darbam. Protams, nav tiesību prasīt, lai visi raksti būtu populārzinātniskā stilā. Varbūt tos numurus neesmu dabūjusi, bet ļoti vajadzētu jaunāko par Marsu, Venēru, Mēnesi un Baldones observatorijas darbu.» M. Holsts no Jūrmalas ierosina «paplašināt nodaļu «Astronomija skolā», tuvāk saistot to ar astronomijas programmu vidusskolām», bet O. Pudāne no Ciblas — «ievietot praktiska satura uzdevumus ar atrisinājumiem, lai vairāk būtu ieinteresēti skolēni». E. Bukāns no Salacgrīvas lūdz «vairāk aplūkot kosmosa apgūšanu, paplašināt nodaļu «Astronomija skolā», palielināt tirāžu». Par izdevuma metiena paplašināšanu rakstīts ļoti daudzās vēstulēs. Tā, skolotāja N. Maksimova no Ludzas uzskata, ka «ļoti vajadzīgs lielāks eksemplāru skaits, lai popularizētu astronomiju vidusskolas klasēs astronomijas stundās un šis izdevums būtu pieejams plašākām interesentu masām». Vēl daži vēlējumi: «Vēlētos vairāk lasīt tieši par mūsu republikas astronomiem un astronomijas vēsturi» (I. Niedrītis, Pļaviņas), «Allaž būt jaunāko kosmosa apgūšanas problēmu centrā, varbūt varētu dot kosmisko pētījumu uzskaitījumu par atsevišķu gadu. Paldies par astronomijas jaunumiem, palīdzību astronomijas mācīšanā, mūsu interešu paplašināšanā» (M. Martinsone, Lubāna), «Katru izdevumu gaidu ar interesi, apskatīto jautājumu loks tiešām ir plašs. Varētu vēlēties anotācijas par grāmatām, kas veltītas astronomijas problēmām» (G. Ziedkalns, Sable).

Vairāki lasītāji apsveic «Zvaigžņoto debesi» un redkolēģiju 20 gadu jubilejā un augsti novērtē tās darbu. Piemēram, skolotājs A. Sprīdzāns no Saukas mums novēl «tikpat raženi un vēl raženāk darbo-

ties izdevuma pilnveidošanā. Ari mēs, Jūsu darba cienītāji, priecājamies Jūsu un mūsu kopējā jubilejā. Vēl vairāk skolai!» Viņam pievienojas Aglonas skolotāja S. Gorjušina un citi mūsu izdevuma atsaucīgie lasītāji. Paldies jums!

Redkolēģija un autoru kolektīvs būs arī turpmāk priecīgi saņemt no jums vēstules ar ierosinājumiem, vēlējumiem, kritiskām piezīmēm. Tas viss mums ļoti palīdzēs mūsu darbā.

Redkolēģija var informēt «Zvaigžņotās debess» lasītājus par to, ka LPSR Zinātņu akadēmijas Redakciju un izdevumu padome, izskatījusi jautājumu par «Zvaigžņotās debess» izdošanas praksi, 1978. gada 16. novembrī pieņēma lēmumu, kurā, atzīdama nepieciešamību izdevuma iespējas un redkolēģijas uzkrāto pozitīvo pieredzi izmantot efektīvāk ne vien astronomijas, bet arī citu eksakto zinātņu propagandai, it īpaši jaunatnes vidū, nolēma uzskatīt, ka krājuma galvenais uzdevums ir «sistemātiski un operatīvi ziņot par astronomijas un tās robežzinātņu attīstību, vienlaikus rūpējoties, lai augtu sabiedrības interese par dabaszinātnēm, padziļinātos lasītāju pasaules uzskats un materiālistiskā izpratne, lai tautas vispārīgās kultūras kontekstā iesaistītos arvien jauni zinātnes fakti un koncepcijas». Paplašinot krājuma tematiku, paredzēts materiālus veltīt ne tikai astronomijai un tās robežzinātnēm, bet arī citu eksakto zinātņu fundamentālajām nozarēm, kuru atziņas saistītas ar priekšstatiem par pasaules uzbūvi un attīstību (elementārdaļiņu fizika, evolūcijas teorija, dzīvības izcelšanās), zinātnei par Zemi (ģeodēzija, ģeofizika, ģeoloģija), zinātnes vēsturei. Turpmāk tiks domāts par «Zvaigžņotās debess» autoru loka paplašināšanu, par izdevuma mākslinieciskā izveidojuma bagātināšanu, publicējamo materiālu žurnālistisku apstrādi, lai to literārā izveide, valoda, izklāsta dziļums atbilstu vecāko klašu skolēnu un jaunāko kursu studentu interešu un izpratnes līmenim:

tiks risināts jautājums par krājuma izplatīšanu caur «Preses apvienību».

Lai veiksmīgi izpildītu izvirzītos uzdevumus, tika paplašināta «Zvaigžņotās debess» redaklēģija. Iepazīstinām mūsu lasītājus ar redaklēģijas jauno sastāvu.

Atbildīgais redaktors ARTURS BALKLAVS  
— ZA Radioastrofizikas observatorijas direktora v. i., fizikas un matemātikas zinātņu kandidāts

Atbildīgā redaktora vietnieks EDGARS SILIŅŠ  
— ZA Fizikāli enerģētiskā institūta laboratorijas vadītājs, fizikas un matemātikas zinātņu kandidāts

Sekretārs JURIS FRANCMANIS  
— ZA Radioastrofizikas observatorijas zinātniskais sekretārs, fizikas un matemātikas zinātņu kandidāts

Redkolēģijas locekļi:

ANDREJS ALKSNIS — ZA Radioastrofizikas observatorijas vecākais zinātniskais līdzstrādnieks, fizikas un matemātikas zinātņu kandidāts

ANDRIS BUIĶIS — LVU Diferenciālvienādojumu un tuvināto metožu katedras vadītājs, fizikas un matemātikas zinātņu kandidāts

NATĀLIJA CIMAHoviĶA — ZA Radioastrofizikas observatorijas vecākā zinātniskā līdzstrādniece, fizikas un matemātikas zinātņu kandidāte

TOMASS ROMANOVSKIS — LVU Eksperimentālās fizikas katedras docents, fizikas un matemātikas zinātņu kandidāts

LEONIDS ROZE — LVU Astronomiskās observatorijas vecākais zinātniskais līdzstrādnieks, fizikas un matemātikas zinātņu kandidāts

IEVA ŠPRUNKA — žurnāla «LPSR Zinātņu Akadēmijas Vēstis» atbildīgā sekretāre, ķīmijas zinātņu kandidāte

J. Francmanis

# ZVAIGŽNOTĀ DEBESS 1979. GADA VASARĀ

Astronomiskā vasara šogad sākas 22. jūnijā pl. 2<sup>h</sup>56<sup>m</sup> pēc Maskavas dekrēta laika, kad Saule savā šķietamajā kustībā pa ekliptiku sasniedz vislielāko ziemeļu deklināciju (+23°27') un nonāk vasaras saulgriežu punktā.

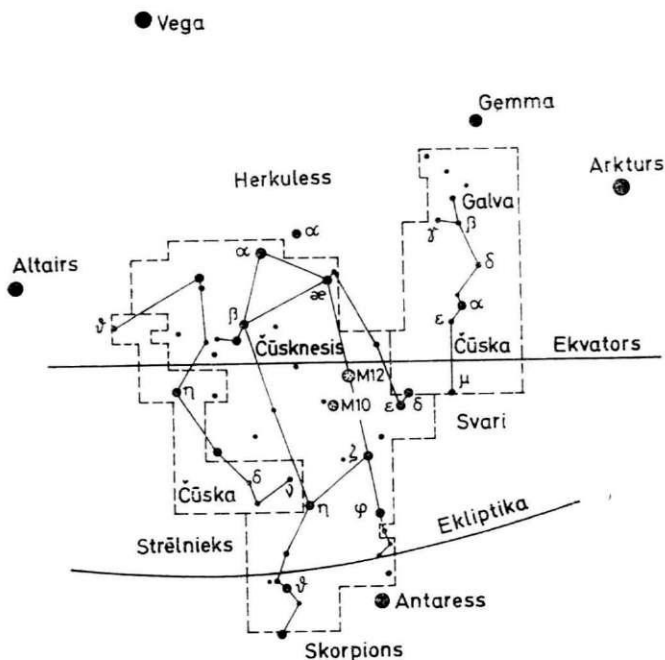
4. jūlijā pl. 0<sup>h</sup>00<sup>m</sup> Zeme atrodas afēlijā — vistālāk no Saules. Šis attālums ir 1,016702 a. v. jeb 152,1 miljons kilometru.

Vasaras vakaros debess ziemeļu pusē kā vienmēr redzami nenorietošie zvaigznāji: Lielā Lāča kauss, Mazais Lācis, Kasiopeja, Cēfejs un Pūķis. Rietumos mirgo sarkanīgais Arkturs, bet austrumos paceļas Pegaza kvadrāts. Debess dienvidu pusi rotā vasaras trijstūris, ko veido Vega, Denebs un Altairs. Pa labi no tā atrodas Herkulesa zvaigznājs. No zodiaka zvaigznājiem vasarā redzami Mežazis, Strēlnieks, Skorpions un Svāri. Tie veido zodiaka dienvidu puslodes daļu, tāpēc vidējos ģeogrāfiskos platumos atrodas tuvu apvārsnim un ir grūti novērojami. Daļēji zodiaka joslā (starp Skorpiona un Strēlnieka zvaigznājiem) atrodas arī vasaras zvaigznājs Čūsknesis, taču pie zodiaka zvaigznājiem netiek pieskaitīts. Saule tajā atrodas decembra sākumā ilgāk pat nekā Skorpiona zvaigznājā. Pa labi un pa kreisi no Čūskneša stiepjas Čūskas zvaigznājs.

Čūsknesis un Čūska ir ļoti senī zvaigznāji, taču to izcelsme nav visai skaidra. Pastāv uzskats, ka tas ir sengrieķu teiku varonis slavenais dziednieks Asklēpijs (seno romiešu mitoloģijā Eskulāpijs), Apollona un nim-



1. att. Čūskneša zvaigznājs J. Hevēlija zvaigžņu atlantā.



2. att. Čūsknēša un Čūska zvaigznāju karte ar spožākajām zvaigznēm.

fas Koronīdas dēls. Tēvs to vēl pusaudža gados nodeva mācībā pie kentaura Heirona, kurš nodarbojās arī ar medicīnu. Drīz vien Asklēpijs pārspēja zināšanās savu skolotāju — viņš dabūja no čūska zāles un iemācījās atdzīvināt mirušos. Taču, kad mirušie sāka atgriezties mājās, izrādījās, ka Asklēpija māksla ir ļoti bīstama. Dievi uzskatīja, ka viņš jauc pastāvošo kārtību. Neapmierināts bija arī mirušo valstības valdnieks Aīds, kurš baidījās palikt bez darba. Kad Asklēpijs mēģināja atdzīvināt Skorpiona sadzelto Orionu, Aīds pierunāja Zēvu nogalināt dziednieku ar zibeni. Pēc nāves Asklēpijs nokļuva debesīs un tika novietots blakus Skorpionam, bet, drošs paliek drošs, tālāk no Oriona. Tā Orions nekad nav redzams pie debesīm vienlaicīgi ar Čūsknēsi un Skorpionu.

Asklēpija dziednieka slava izplatījās pa visu Grieķiju, un to sāka godināt kā dievu. Nereti viņu attēloja čūska izskatā, bet vēlākos laikos — kā cienīgu vīru ar nūju vai zizli, ap kuru apvijusies čūska. Ārstus sauca par asklepiādiem, t. i., par Asklēpija pēctečiem. Ar ironisku pieskaņu šis vārds saglabājies līdz mūsu dienām: eskulaps — dakterētājs. Vecās zvaigžņu kartēs šajā zvaigznājā redzams spēcīgs vīrs, kas ar abām rokām satvēris milzīgu izstiepušos čūsku. Tagad Čūsknēsis un Čūska ir divi atsevišķi zvaigznāji. Patiesībā te ir it kā trīs zvaigznāji — Čūska galva, Čūska aste un Čūsknēsis starp tām.

Cūskneša spožākā zvaigzne  $\alpha$  jeb Ras-Alhags (arābu valodā Gans) atrodas gandrīz blakus Herkulesa zvaigznei  $\alpha$  nedaudz uz dienvidaustrumiem no tās un ir mazliet spožāka. Tas ir A5 spektra klases milzis, kura redzamais spožums ir +2,07, bet attālums no Saules 60 gaismas gadi. Visas pārējās šī zvaigznāja zvaigznes ir vēl vājākas, un gaišajos vasaras vakaros tās nav viegli saskatīt.

Interesants objekts Cūskneša zvaigznājā, kas diemžēl ar neapbruņotu aci nav redzams, ir Barnarda zvaigzne — otra Saulei tuvākā zvaigzne (pēc Centaura  $\alpha$ ). Līdz tai ir tikai 6 gaismas gadi. Zvaigznes redzamais spožums ir +9,7, spektra klase M5, bet masa — 0,15 Saules masas. Tas ir mazs, auksts sarkanais punduris. Barnarda zvaigznei piemīt neparasti liela īpatnējā kustība — 10,3 loka sekundes gadā jeb 90 kilometri sekundē (perpendikulāri skata līnijai). Lielās kustības dēļ to dažreiz sauc par «lidojošo» Barnarda zvaigzni.

Taču interesantākais ir tas, ka novērojumi parādīja šīs zvaigznes periodiskas novirzes no taisnvirziena kustības; tas liek domāt, ka zvaigznei ir neredzams pavadonis, kas ar savu pievilkšanas spēku izraisa minētās novirzes. Izmantojot milzīgu novērojumu materiālu, amerikāņu astronoms Van de Kamps aprēķināja, ka novirzes var izraisīt divi pavadoņi, kuru masas ir apmēram 1 un 0,4 Jupitera masas, bet attālums no zvaigznes attiecīgi 2,71 un 4,17 astronomiskās vienības (ja orbitas ir riņķveidīgas).<sup>1</sup>

Cūskneša zvaigznājā ir daudz lodveida zvaigžņu kopu, tumšo un gaišo miglāju. Spožākās kopas ir M12 (6<sup>m</sup>,6) un M10 (6<sup>m</sup>,7). Līdz tām ir apmēram 20 tūkstoši gaismas gadu.

Cūska ir vienīgais zvaigznājs, kas sastāv no divām savā starpā nesaistītām daļām. Tā sākas zem Ziemeļu Vainaga, kur atrodas galva un arī spožākā zvaigzne  $\alpha$ , un turpinās uz austrumiem no Cūskneša līdz Ērglim. Zvaigznājā ir vairākas skaistas dubultzvaigznes, piemēram,  $\upsilon$ , kas sastāv no divām zaļgandzeltenām zvaigznītēm. Vienas spožums ir +5,4, otras — +4,5, bet attālums starp tām — 22,6 loka sekundes. Cūskas galvas daļā redzama samērā spoža lodveida zvaigžņu kopa M5. Tās spožums ir +6,2; saskatāma binoklī, bet teleskopā pie malām sadalās zvaigznēs.

Interesanti atzīmēt, ka pie debesīm atrodas trīs čūskas: bez minētās Čūskas pavasarī redzama Hidra jeb Ūdensčūska, kuru nogalināja sengrieķu varonis Hērakls, un Dienvidu Hidra — neliels neizteiksmīgs dienvidu puslodes zvaigznājs starp Lielo un Mazo Magelāna Mākonī. To 1603. gadā debesīs novietoja J. Baijers.

## Planētas

*Merkurs* 3. jūlijā atrodas vislielākajā austrumu elongācijā, tomēr pie mums šajā laikā nav redzams. 31. jūlijā tas nonāk apakšējā konjunktijā — starp Zemi un Sauli, bet 19. augustā — vislielākajā rietumu

<sup>1</sup> Skat. U. Dzērvīša rakstus «Vai Barnarda zvaigznei ir planētas?». — «Zvaigžņotā debess», 1974. gada vasara, 13.—15. lpp., un «Diskusija par Barnarda zvaigznes planētu sistēmu turpinās». — «Zvaigžņotā debess», 1976. gada vasara, 13.—14. lpp.

elongācijā ( $19^\circ$  uz rietumiem no Saules). Kļūst redzams augusta otrajā pusē no rītiem Svaru, bet no 27. augusta Lauvas zvaigznājā ļoti zemu pie apvāršņa. 30. augusta rītā atrodas Jupitera tuvumā, ar kuru nonāk konjunkcijā pl.  $14^h, 0^m, 7^s$  uz ziemeļiem no tā. 13. septembrī Merkurss jau atrodas augšējā konjunkcijā (aiz Saules) un līdz pat novembra beigām vairs nav redzams. 21. augusta rītā tas atrodas Mēness tuvumā.

Venēra visu vasaru nav redzama. Tā pārvietojas pa Dviņu, Vēža, Lauvas un Jaunavas zvaigznājiem, bet 25. augustā nonāk augšējā konjunkcijā.

Marss nebija redzams gandrīz visu gada pirmo pusi, jo atradās samērā tuvu Saulei. Redzamības laiks sākas jūnija vidū, kad tas saskatāms no rītiem pirms Saules lēkta Vērša zvaigznājā. Tā redzamais spožums ir  $+1,5$ . Ar katru dienu redzamības apstākļi strauji uzlabojas: jūlija vidū tas lec jau drīz pēc pusnakts, bet augusta vidū — ap pusnakti. Vasaras beigās Marss atrodas Vēža zvaigznājā (20. septembrī), tā redzamības laiks sasniedz 5,3 stundas, bet redzamais spožums tikai  $+1,4$ . Mēness tuvumā Marss atrodas 21. jūnijā, 20. jūlijā, 18. augustā un 16. septembrī.

Jupiteris 13. augustā atrodas konjunkcijā ar Sauli, tāpēc vasaras mēness redzams ļoti maz. Līdz jūlija vidum vēl saskatāms vakaros Vēža zvaigznājā, bet septembra otrajā pusē parādās no rītiem Lauvas zvaigznājā. Naktī no 26. uz 27. septembri Jupiteris paiet garām Regulam (Lauvas  $\alpha$ )  $0^\circ, 3'$  uz ziemeļiem no tā. Regula redzamais spožums ir  $+1,34$ . Tātad Jupiteris ir gandrīz 12 reizes spožāks par to. Mēness atrodas Jupitera tuvumā 27. jūnijā un 18. septembrī.

Saturns redzams līdz jūlija beigām vakaros Lauvas zvaigznājā. 10. septembrī tas nonāk konjunkcijā ar Sauli un līdz vasaras beigām vairs nav novērojams. Saturna gredzens izskatās ļoti šaurs, jo redzams gandrīz no sāniem. 27. oktobrī tas pazudīs pavisam, un pat lielos teleskopos būs saskatāma tikai tā ēna uz planētas diska. Mēness atrodas Saturna tuvumā 30. jūnijā un 27. jūlijā.

Urāns visu gadu atrodas Svaru zvaigznājā netālu no zvaigznēm  $\alpha$ ,  $\nu$  un  $\iota$ . Redzams tikai no paša vakara, jo riet jau pirms pusnakts. Gaišo nakšu dēļ to grūti novērot.

## Mēness

### Mēness fāzes

#### ☾ Jauns Mēness

24. jūnijā	14 <sup>st</sup> 59 <sup>m</sup>
24. jūlijā	4 41
22. augustā	20 11
21. septembrī	12 47

#### ☾ Pirmais ceturksnis

2. jūlijā	18 <sup>st</sup> 24 <sup>m</sup>
1. augustā	8 58
30. augustā	21 10
29. septembrī	7 21

#### ☽ Pilns Mēness

9. jūlijā	23 <sup>st</sup> 00 <sup>m</sup>
8. augustā	6 22
6. septembrī	13 59
5. oktobrī	22 36

#### ☾ Pēdējais ceturksnis

16. jūlijā	14 <sup>st</sup> 00 <sup>m</sup>
14. augustā	22 03
13. septembrī	9 16
13. oktobrī	0 25

*Mēness apogejā* (vistālāk no Zemes)

29. jūnijā	14 <sup>st</sup>
27. jūlijā	3
23. augustā	10
19. septembrī	13

*Mēness perigejā* (vistuvāk Zemei)

11. jūlijā	15 <sup>st</sup>
8. augustā	22
6. septembrī	8
4. oktobrī	18

### **Aptumsumi**

*Gredzenveida Saules aptumsums* 22. augustā redzams Dienvidamerikas dienviddaļā, Antarktīdā un tuvumā esošajās Klusā un Atlantijas okeāna daļās. Latvijā nav redzams.

*Pilns Mēness aptumsums* 6. septembrī redzams Ziemeļamerikā, Austrālijā, Antarktīdā, Ziemeļu Ledus okeānā, Klusajā okeānā, arī Kamčatkā, Dienvidamerikā un Indijas okeānā. Latvijā nav redzams.

### **Meteoru plūsmas**

*Kasiopeīdas* no 19. jūlija līdz 15. augustam: maksimums 27. jūlijā.

*Akvarīdas* no 25. jūlija līdz 6. augustam; maksimums 30. jūlijā, līdz 14 meteoriem stundā.

*Perseīdas* no 10. jūlija līdz 18. augustam; maksimums 11.—12. augustā, līdz 55 meteoriem stundā.

Ā. Alksne

## PIRMO REIZI «ZVAIGŽŅOTAJĀ DEBESĪ»



ANATOLIJS REVUNOVŠ — fizikas un astronomijas skolotājs Rīgas 74. vidusskolā.



TOMASS ROMANOVSKIS — fiziķis, P. Stučkas Latvijas Valsts universitātes eksperimentālās fizikas katedras docents, fizikas un matemātikas zinātņu kandidāts.

### Tekstā minēto ārzemju zinātnieku uzvārdu oriģinālrakstība

Bašē — Bachet de Meziriac  
Bernulli J. — Bernoulli J.  
Dedekinds R. — Dedekind R.  
Dekarts R. — Descartes R.  
Dike R. — Dicke R.  
Dirihlē P. — Dirichlet P.  
Eilers L. — Euler L.  
Fermā P. de — Fermat P. de  
Gauss K. — Gauss C.  
Hoils F. — Hoil F.  
Koši A. — Cauchy A.  
Kronekers L. — Kronecker L.  
Kummers E. — Kummer E.

Lamē Z. — Lame G.  
Lemets Z. — Lemaître G.  
Ležandrs A. — Legendre A.  
Likā E. — Lucas E.  
Lindemans F. — Lindemann F.  
Meisners V. — Meissner W.  
Paskāls B. — Pascal B.  
Pērsels E. — Purcell E.  
Piblsz P. — Peebles P.  
Rolls P. — Roll P.  
Seki A. — Secchi A.  
Siters V. de — Sitter W. de  
Viferihs A. — Wieferich A.  
Vikramasings Č. — Vikramasinghe Ch.  
Vilkinsons D. — Wilkinson D.  
Volfskēls P. — Wolfskehl P.  
Zermēna S. — Germain S.



## СОДЕРЖАНИЕ

А. Балклавс. Некоторые новые соображения о космической пыли. И. Шмелдс. Космические мазеры — грандиозная игра природы. Э. Бервалдс. Инженеры — радиоастрономии. НОВОСТИ. А. Балклавс. Сверхновые и определение космических расстояний. Э. Мукинс. Самый мощный рентгеновский телескоп. Н. Цимахович. Суслики, осадки и Солнце. ОСВОЕНИЕ КОСМОСА. Э. Мукин. «Венеры» и «Pioneer» на Венере. НАГРАЖДЕНИЯ. Т. Романовскис. Академик П. Капица — лауреат Нобелевской премии. Ю. Францманис. Нобелевская премия за открытие реликтового излучения. УЧЕНЫЙ И ЕГО РАБОТА. Н. Цимахович. Большая теорема Ферма. А. Порджес. Саймон Флегг и дьявол. В НАШЕЙ РЕСПУБЛИКЕ. И. Шмелдс. Общий семинар физиков и астрономов. В ШКОЛЕ. Т. Романовскис. А. Ревунов. Использование микрокалькуляторов для решения астрономических задач. ИСТОРИЯ. В. Кожанчиков. Календарная система древних майев. 100 ЛЕТ НАЗАД. Л. Розе. Последнее желание итальянского астронома Анджело Секки. ПУТИ ПОЗНАНИЯ. Т. Романовскис. Прогулка по солнечной системе. НАША ПОЧТА. Ю. Францманис. Редколлегия «Звездного неба» отвечает читателям. А. Алксне. Звездное небо летом 1979 года. Впервые в нашем издании. Написание фамилий зарубежных ученых, упомянутых в тексте.

## CONTENTS

A. Balklavs. Some new conclusions on cosmic dust. I. Smelds. Cosmic masers — mighty nature game. E. Bervalds. Engineers for radioastronomy. NEWS. A. Balklavs. Supernovae and determination of cosmic distances. E. Mūkins. The largest X-ray telescope. N. Cimašoviča. Susliks, precipitations and the Sun. SPACE NEWS. E. Mūkins. «Venera» and «Pioneer» on Venus. REWARDS. T. Romanovskis. The academician P. Kapica — Nobel prize winner. J. Francmanis. Nobel prize for discoverers of primary cosmic radiation. SCIENTIST AND HIS WORK. N. Cimašoviča. Fermat great theorem. A. Porges. Devil and Simon Flegg. IN OUR REPUBLIC. I. Smelds. Joint seminar of physicists and astronomers. IN THE SCHOOL. T. Romanovskis. Use of microcomputers in the solve of astronomical tasks. HISTORY. V. Kožančikovs. Old Maya calender system. 100 YEARS AGO IT WAS WRITTEN. L. Roze. The last wish of the italian astronomer Angelo Secchi. COGNITIONS. T. Romanovskis. Walk way «Solar system». OUR POST. J. Francmanis. The editorial board of «Zvaigžņotā debess» answers to readers. Ā. Alksne. «Zvaigžņotā debess» in the summer of 1979. For the first time in our edition. Spelling of foreign authors' names.

ЗВЕЗДНОЕ НЕБО, ЛЕТО 1979 ГОДА

Издательство «Зинātne». Рига 1979.

На латышском языке

ZVAIGZNOTĀ DEBESS,

1979. GADA VASARA

Redaktore *I. Jansone*

Mākslinieciskais redaktors *V. Zirdziņš*

Tehniskā redaktore *I. Stokmane*

Korektore *L. Brahmane*

ИБ № 520

Nodota salikšanai 14. 02. 79. Parakstīta iespiešanai 22. 05. 79. JT 06108. Formāts 70×90/16. Tipogr. papīrs Nr. 1. Latīņu garnitūra. Augstspiedes tehnika. 5,00 fiz. iespiet.; 5,85 uzsk. iespiet.; 5,83 izdevn. l. Metiens 2000 eks. Pasūt. Nr. 716. Maksā 25 k. Izdevniecība «Zinātne», 226018 Rīgā, Turģeneva ielā 19. Iespiesta Latvijas PSR Valsts izdevniecību, poligrāfijas un grāmatu tirdzniecības lietu komitejas Apvienotajā veidlapu uzņēmumā, 226050 Rīgā, Gorkija ielā 6.



Pjers de Ferma (1601 -1665)

- Izpētot dažādu tautu laika rēķināšanas paņēmienus, gūstam informāciju par šo tautu zināšanām un paradumiem un arī par senajiem notikumiem, kas aprakstīti atbilstoši šiem paņēmieniem. Tāpēc īpašu interesi allaž saistījis maiju kalendārs, kura terminos aprakstīti daudzi grandiozi dabas notikumi, piemēram, milzu plūdi. Lai šos notikumus varētu datēt — un tālāk, lai varētu atšifrēt senās hronikas —, ir jāiemācās atšķetināt maiju kalendāra komplicēto sistēmu.



- Maiju dzīvē astronomijai bija ļoti liela nozīme. Viņu kultūras pieminekļi ir datēti ar astronomiskām parādībām — Saules un planētu konjunkcijām, opozīcijām, kvadrātūrām. Svarīgākajiem dabas procesu cikliem maiji piekārtāja katram savu laika pavedienu, kur atsevišķo posmu nobeigums bija svarīgs mezgla punkts. Tāpēc maiju kalendāru veido vairākas paralēlas laika skaitīšanas sistēmas.