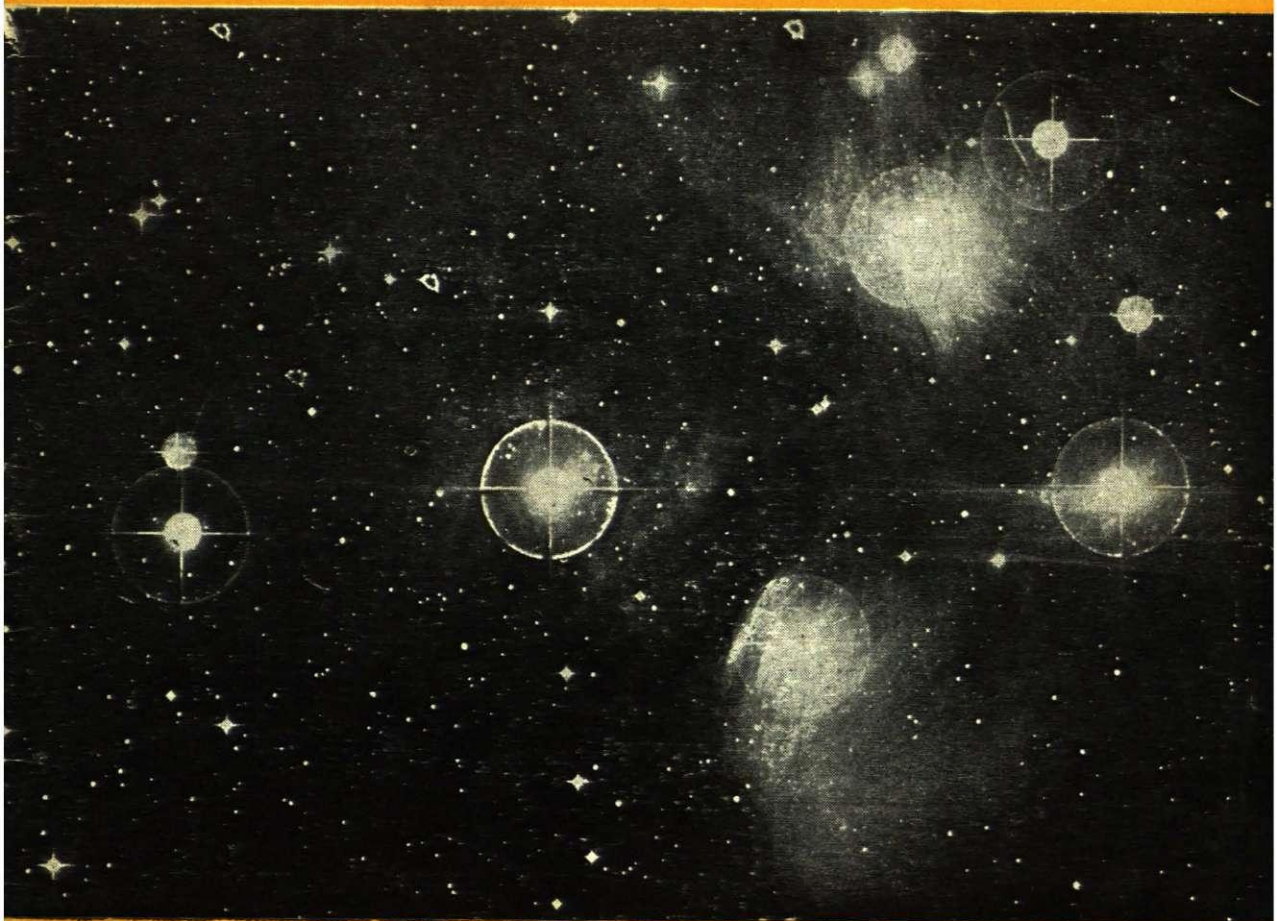


# ZVAIGŽNOTĀ DEBESS

1975. GADA  
RUDENS



## SATURS

Saules vainaga rentgenstruktūra — <i>V. Kasinskis</i> . . . . .	1
Gravitācijas manevrs starpplanētu lidojumos — <i>E. Mūkins</i> . . . . .	5
<b>Astronomijas jaunumi</b> . . . . .	11
Radiogalakcijas palīdz pētīt starpgalaktisko vidi — <i>A. Balklavs</i> . . . . .	11
Saules aktivitātes centru saistības pētījumi — <i>N. Cimahoviča</i> . . . . .	12
Deitērija daudzums Visumā — <i>J. Francmanis</i> . . . . .	13
<b>Kosmosa apgūšana</b> . . . . .	15
«Salūta-4» otrā apkalpe: 63 dienas kosmosā — <i>Pēc padomju preses materiāliem</i> . . . . .	15
«Sojuz» — «Apollo» — <i>Pēc TASS ziņojumiem</i> . . . . .	16
Lidojumā «Venēra-9» un «Venēra-10» — <i>Pēc TASS ziņojumiem</i> . . . . .	17
«Mariner-10» trešo reizi pie Merkura — <i>E. Mūkins</i> . . . . .	18
<b>Konferences un sanāksmes</b> . . . . .	22
Zinātniskā darba skate P. Stučkas Latvijas Valsts universitātē — <i>Leonora Roze</i> . . . . .	22
Apspriede «Slēptā masa Visumā» — <i>A. Balklavs</i> . . . . .	23
Starptautiska konference par mezosfēras un jonosfēras procesiem — <i>J. Voss, M. Dirīķis</i> . . . . .	27
<b>Astronomija skolā</b> . . . . .	31
Zvaigžņu fizika vidusskolā — <i>J. Francmanis</i> . . . . .	31
<b>Zinātnieks un viņa darbs</b> . . . . .	37
Pīrss Bols (1865—1921) — <i>I. Rabinovičs</i> . . . . .	37
<b>Hronika</b> . . . . .	51
Jauni zinātņu kandidāti	
Jānis Balodis — <i>K. Lapuška</i> . . . . .	51
Māris Ogrīņš — <i>A. Ivanovs, P. Rozenbergs</i> . . . . .	52
<b>Zvaigžņotā debess 1975. gada rudenī</b> . . . . .	54
Nenoriošie zvaigznāji — <i>Ā. Alksne</i> . . . . .	54

Uz vāka 1. lpp.: Zvaigžņu kopa Plejādes (Sietiņš). Uzņemta ar RAO Šmita teleskopu.  
Uz vāka 4. lpp.: Zvaigžņu kopa NGC 1664. Uzņemta ar RAO Šmita teleskopu.

Redakcijas kolēģija: *A. Alksnis, A. Balklavs (atbd. red.), N. Cimahoviča, I. Daube (atb. sekr.), J. Francmanis, L. Roze.*

---

Publicēts saskaņā ar Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas Redakciju un izdevumu padomes 1975. gada 30. aprīļa lēmumu.

---



V. KASINSKIS

## SAULES VAINAGA RENTGENSTRUKTŪRA

Saules pētījumu sākumu datējam ar 1610. gadu, kad Galilejs, novērodams plankumus, atklāja Saules rotāciju. Galilejs savam pētījumam izmantoja to informāciju, ko līdz Zemes virsmai atnes Saules redzamās gaismas plūsma. Taču Saules raidīto elektromagnētisko viļņu spektrs satur vēl arī ultravioletos, infrasarkanos un rentgenstarus un dažāda garuma radioviļņus. Katrs jauns elektromagnētisko viļņu diapazons, kas nonāca pētnieku rīcībā, sniedza veselu virkni negaidītu atklājumu. Piemēram, Saules radioviļņu novērojumi, kurus uzsāka pēc otrā pasaules kara, parādīja, ka Saules atmosfēras struktūrā un dinamikā meklējami atrisinājumi daudzām uzliesmojumu problēmām. Kosmonautikas laikmets savukārt nodeva astronomiem arī visu to informāciju, kuru iespējams reģistrēt tikai aiz Zemes atmosfēras robežām, novērojot t. s. īsviļņu starojumu — ultravioletos un rentgenstarus.

Rentgenstari Saules atmosfērā rodas tais vietās, kur stipri sakarst un sablvējas Saules plazma. Tad elektronu savstarpējās sadursmēs tiek generēti augstas enerģijas neredzamas gaismas kvanti — rentgenstari.

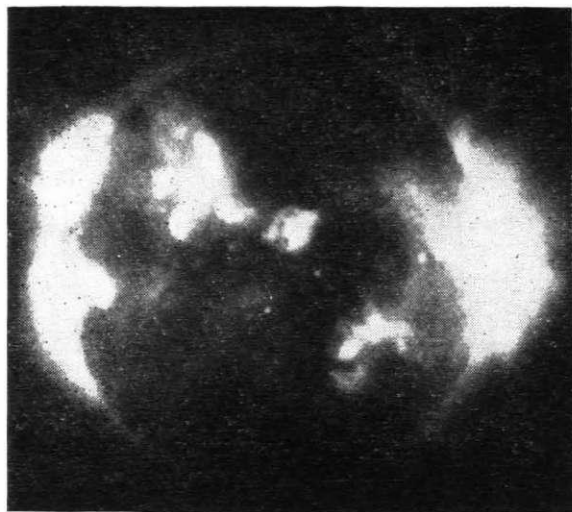
Saules rentgenstaru pētniecībā jaunākie rezultāti iegūti 1973.—1974. gadā ar kosmisko laboratoriju «Skylab». Saules fotogrāfijas rentgenstaros parādīja agrāk nepazīstamas detaļas, kuru interpretācijai nepieciešami arī jauni teorētiski priekšstati par Saules dzilēs un atmosfērā notiekošajiem procesiem.

«Skylab» uzņemtajās fotogrāfijās (1. att.) vispirms uzmanību saista spoži rentgenstaru mākoņi, tad plaši, tumši apgabali un, visbeidzot, daudzi nelieli, spoži punkti.

Lielo spožo mākoņu interpretācija pagaidām nekādas grūtības neizraisa. Salīdzinot iegūtos uzņēmumus ar Saules magnētisko lauku kartēm un Saules fotogrāfijām redzamajā gaismā, var secināt, ka intensīvais

LUB

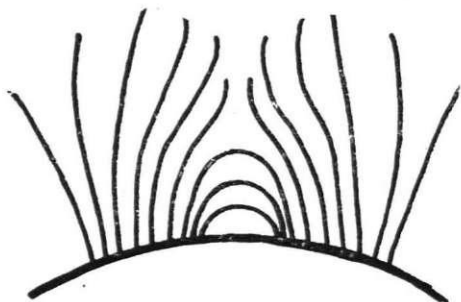




1. att. Saules fotogrāfija rentgenstaros.

maza, tāpēc arī spēka līnijās ietvertā plazma atdziest ļoti lēni un to iespējams labi novērot uz pārējā, vēsākā fona.

Rentgenstaru fotogrāfijās labi redzami arī samērā lieli, tumši laukumi. Magnētisko lauku kartēs tiem atbilst t. s. vaļējās struktūras — vietas, kur magnētiskās spēka līnijas it kā «iztek» no Saules virsmas. Pretstatā šādiem veidojumiem aktivitātes centros pārsvarā sastopam slēgtās struktūras, kas sākas vienas polaritātes magnētiskajā apvidū, paceļas augstu Saules atmosfērā un noslēdzas otras polaritātes magnētiskajā apvidū. Slēgtajās struktūrās veidojas iepriekš minētie spožie rentgenstaru mākoņi. Teorētiski apsvērumi rāda, ka vaļējo struktūru apvidi varētu būt intensīva Saules vēja avoti. Tiešām, slēgtajās struktūrās magnētiskie lauki kavē koronas gāzu izplatīšanos, bet vaļējās struktūras to veicina (2. att.). Tāpēc Saules pētnieki, sekojot citu astronomu paraugam, šos veidojumus nosaukuši par koronālajiem caurumiem. Īpaši ātras Saules vēja plūsmas tātad, domājams, nāk no koronālajiem caurumiem.



2. att. Magnētisko lauku shēma.

rentgenstarojums rodas galvenokārt smalkajās cilpās un arkās, kas saistītas ar aktivitātes centriem. Šīs struktūras atspoguļo aktivitātes centru magnētisko lauku spēka līniju telpisko izvietojumu. «Magnētiskās caurules» ir piepildītas ar karsto Saules koronas plazmu, kuras temperatūra ir 2 vai pat vairāk miljonu grādu. Šādās magnētiskajās «pudelēs» ietvertās plazmas īpašības daudz pētījuši fiziķi laboratorijās. Ir zināms, ka siltumvadāmība perpendikulāri magnētiskajām spēka līnijām ir ļoti

tātad, domājams, nāk no koronālajiem caurumiem.

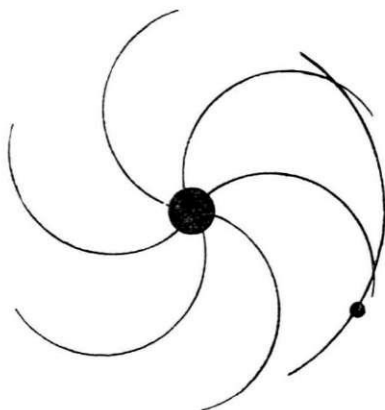
Nedaudz pakavēsimies pie Saules vēja problēmām vispār. Saules vējš ir protonu plūsma, kas izplatās starplanētū telpā ar ātrumu 300—400 km/s, nesot līdz magnētisko lauku. Saules vējš nemitīgi deformē Zemes magnetosfēru, tāpēc novērojam Zemes magnētiskā lauka intensitātes un virziena svārstības. Šādas svārstības tātad dod iespēju diagnos-



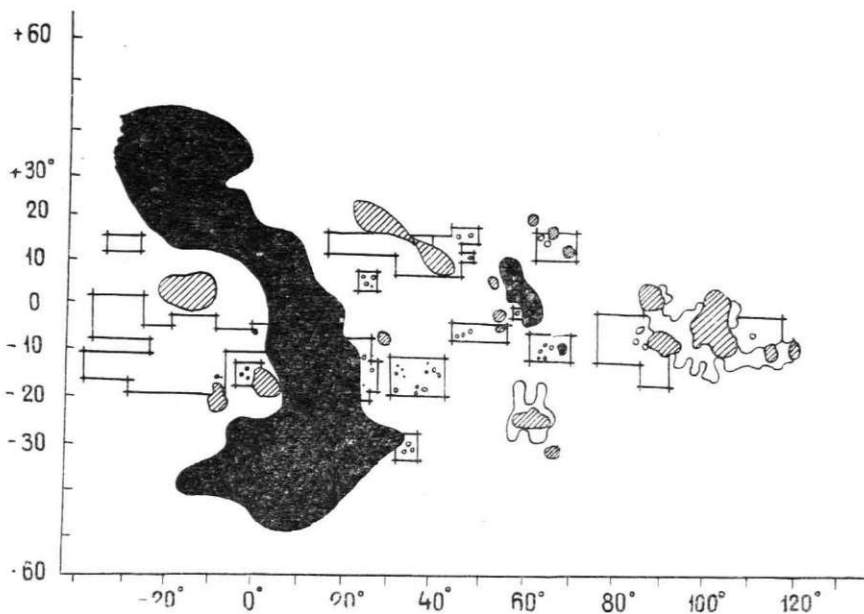
ticēt Saules vēja plazmas ātrumu, tā izmaiņas. Bez tam kosmonautika paver iespēju mērit Saules vēja plazmas ātrumu un blīvumu arī tieši starpplanētu telpā. Tādā kārtā mūsu rīcībā ir jau samērā daudz datu, kas liecina, ka Saules vējš nav vienmērīga, bet gan stipri mainīga plazmas plūsma. Dažos periodos Saules vēja plūsma ievērojami pastiprinās, tās ātrums sasniedz 700 km/s vai pat 1000 km/s. Dabīgi, ka Saules pētnieki cenšas izdibināt šādu izmaiņu pirmcēloni. Tomēr pat līdz šim laikam pētnieku vidū nav vienprātības. Teorijas par Saules vēja intensīvo plūsmu izcelšanos iedalāmas divās grupās: vienas izskaidro šīs plūsmas ar procesiem, kas notiek tieši uzliesmojumu rajonos, bet otras visu uzmanību pievērš aktīvo apgabalu robežjoslām. Šķiet, jebkuru neskaidrību šai jomā var atrisināt, salīdzinot Saules vēja paātrināšanās gadījumus ar paātrināto plūsmu iespējamiem avotiem uz Saules — dažādajiem Saules virsmas veidojumiem. Tomēr šāds salīdzinājums nav tik vienkārši izdarāms, jo Saules vēja plūsmas starpplanētu telpā palēninās, to leņķiskais ātrums samazinās un rezultātā tās spirālveidīgi savērpjas (3. att.). Tāpēc katras plūsmas izcelsmes avota atrašana ir nevis ģeometrisks, projekcijas atrašanas jautājums, bet gan jau matemātiska problēma, kur iespējamas samērā lielas neprecizitātes.

Šādā situācijā lielu interesi izraisīja koronālo caurumu atklāšana un to teorētiska interpretācija, kas ļāva cerēt, ka beidzot būs atrasti Saules vēja ātro plūsmu avoti. Matemātiska Saules vēja spirāļu trajektorijas analīze tiešām noveda pie secinājuma par koronālajiem caurumiem. Tāpat priekšstats par koronas gāzu brīvo plūsmu magnētisko spēka līniju virzienā apstiprināja koronālos caurumus kā vērā ņemamus kandidātus Saules vēja, plūsmu avotu lomai. Taču daudzos gadu desmitos, kopš Saules—Zemes sakaru pētnieki analizē ģeofizikālo perturbāciju periodus un to saistību ar Sauli, ir izveidojies vienprātīgs uzskats, ka ģeofizikālo lauku perturbācijas allaž ir saistītas tieši ar Saules plankumu apvidiem — ar aktivitātes centriem. Bet aktivitātes centrus nosedz slēgtās magnētiskās struktūras.

No kurienes tad pūš Saules vējš — no aktīvajiem vai no neaktīvajiem apgabaliem? Uz šo jautājumu mēģināja atbildēt Irkutskas Saules pētnieki. Viņi salīdzināja Saules rentgenstaru fotogrāfijas ne vien ar attiecīgās dienas magnētisko lauku struktūru, bet arī ar notikumiem vairākus mēnešus ilgā posmā. Izrādījās, ka jau apmēram gadu pirms koronālā cauruma fiksešanas tā aizņemtajā laukumā nebija parādījies neviens plankums, respektīvi, koronālie caurumi nozīmē specifiskus neaktīvus, pasīvus apgabalus uz Saules virsmas. Līdz ar to šķiet neticami, ka Saules vēja intensifikācija varētu būt saistīta ar šādiem apgabaliem.



3. att. Saules vēja spirāliskā struktūra.



4. att. Koronālie caurumi (melni) uz Saules kartes. Taisnstūros ietverti plankumu veidošanās apgabali. Iesvītroti spožie rentgenstaru laukumi. Ar liektām līnijām iezīmētas flokulas.

Minēto problēmu apsprieda trijās konferencēs. 1974. gada jūlijā COSPAR (Kosmiskās telpas pētījumu starptautiskā apvienība) simpozijā Brazīlijā, Sanpaulo pilsētā, amerikāņu zinātnieki apstiprināja Sibīrijas pētnieku gūto rezultātu. Bet 1974. gada oktobrī Saules—Zemes problēmu simpozijā Maskavā strīds iedegās no jauna. Tika publicēti arī jauni faktiskie materiāli par koronālo caurumu fizikālajām īpašībām. 1974. gada beigās Losandželosā notika 3. Saules vējam veltītā konference. Konferenci organizēja Kalifornijas un Arizonas štatu universitātes ar NASA (ASV kosmisko pētījumu pārvalde) atbalstu. Šai konferencē viens no centrālajiem jautājumiem, saprotams, bija koronālo caurumu un Saules vēja saistība. Ilgu diskusiju rezultātā zinātnieki beidzot nonāca pie vienotas atziņas. Proti: koronālo caurumu parādīšanās nav nedz pietiekamais, nedz arī nepieciešamais nosacījums, lai rastos liela ātruma Saules vēja plūsma. Problēma tātad ir atgriezusies sākuma pozīcijā. Tāpēc patlaban abu pretējo uzskatu piekritēji meklē jaunus apstiprinājumus savām koncepcijām. Kuram būs taisnība, to izšķirs, katrā ziņā, ne jau asprātīgi prātojumi, bet gan jauni Saules rentgenstaru novērojumi. Un tad, kā jau tas zinātnē ir parasts, visgardāk smiesies nevis tas, kurš smejas pēdējais, bet gan tas, kurš smejas kopā ar citiem. Jo par svarīgiem zinātniskiem atklājumiem priecājas arī tie, kam tie aizgājuši secen.

Tomēr vēl komplicētākas problēmas izraisīja Saules koronas rentgenogrammās redzamie nelielie spožie punkti. Šie punkti ir izkaisīti pa visu Saules virsmu — arī koronālajos caurumos un polu apvidos, kur parastie aktivitātes veidojumi netiek novēroti. Spožo punktu lielums ir apmēram 10—30 loka sekundes, dzīves ilgums — ap 8 stundām. Kad viena punkta «darba diena» beigusies, tas izzūd, bet citā vietā parādās nākamais. Kopsummā spožo punktu skaits paliek konstants — apmēram 200. Kas tie ir par veidojumiem? Visloģiskākais to izskaidrojums ir analogs lielo spožo rentgenstaru mākoņu rašanās mehānismam — kā Saules plazmas koncentrācija nelielās magnētiskā lauka cilpās. Tāpēc spožos punktus nosauca par miniatūriem aktīvajiem apgabaliem. Šie miniapgabali tiešām pārsvarā atrodami tādās Saules virsmas vietās, kur novērojama magnētisko lauku koncentrācija — magnētisko cilpu galos, poru tuvumā u. tml.

Ikvienai hipotēzei seko aprēķinu posms. Tā tas bija arī šai gadījumā. Ja novērtē magnētisko plūsmu, kas šķērso Saules virsmu miniapgabalos, tad, ievērojot, ka atsevišķā magnētiskā lauka intensitāte ir ap 1000 gaušu un kopīgais apgabalu skaits ir ap 200, var teikt, ka miniapgabali ir atbildīgi par tik lielu magnētisko plūsmu, kas pārsniedz parasto aktivitātes centru magnētisko plūsmu. Iznāk, ka lieli plankumi un uzliesmojumi, aktivitātes centri un protuberances — visi tie procesi, kas mainās 11 gadu ciklā un kurus uzskatām par Saules aktivitātes galveno faktoru, paliek otrā vietā, bet primārā loma piekrīt kaut kādiem nelieliem punktiņiem. Līdz ar to miniapgabali apdraud visas patlaban pastāvošās Saules aktivitātes teorijas, kuru galvenais saturs ir aktīvo zonu parādību izskaidrojums. Tagad nepieciešams pavisam citāds izskaidrojums — kā var veidoties magnētiskie centri pa visu Saules lodi? Šāda parādība sagādā teorētiķiem ievērojamas grūtības, jo līdzšinējie darbi ir pierādījuši, ka rotējošās plazmas lodes apstākļos, kā tas ir Saulē, magnētiskie lauki var veidoties tikai divās joslās abpus ekvatoram, resp., tajās zonās, kur parādās plankumi.

Līdz ar to veidojas uzskats, ka Saules aktivitāti pārstāv divas subsistēmas — viena izpaužas kā klasiskais 11 gadu cikls ar plankumiem, protuberancēm utt., bet otra ir saistīta ar miniapgabaliem. Starp citu, šāds uzskats saskan ar interesantu Saules vēja īpašību — tā pamatplūsmas vienmērību visā 11 gadu cikla laikā. Tikai īslaicīgās plūsmas, kas saistītas ar uzliesmojumiem un aktivitātes centriem, parādās galvenokārt aktivitātes maksimumu gados.

Saules pētnieki gaida jaunu informāciju par sen pazīstamo, bet arvien miklaino spēdekli, lai lūkotu atrisināt tā aktivitātes problēmas.

*E. MUKINS*

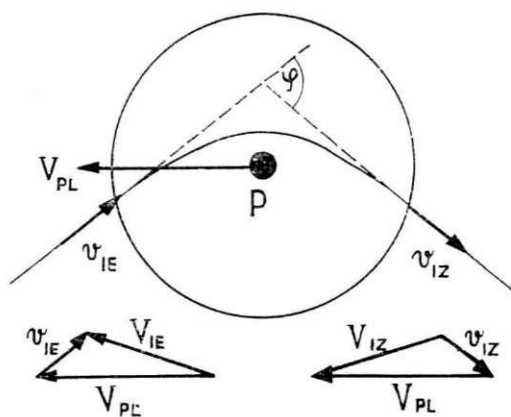
## **GRAVITĀCIJAS MANEVRS STARPPPLANĒTU LIDOJUMOS**

Pēdējos gados gan teorētiskos pētījumos par starpplanētu lidojumiem, gan ziņojumos par jau notiekošiem vai tuvā nākotnē paredzamiem kosmisko aparātu lidojumiem planētu virzienā aizvien biežāk tiek pieminēts gravitācijas manevrs — trajektorijas izmaiņšana vēlamajā veidā ar pārlidojamas planētas pievilksanas spēka palīdzību, bez dzinēju lietošanas.

Šāds manevrs kļūst par vienu no iedarbīgākajiem līdzekļiem starpplanētu lidojumu zinātniskās un tehniskās efektivitātes palielināšanai un to izmaksas samazināšanai.

Aplūkojot gravitācijas manevra iespējas Saules sistēmā, pirmajā tuvinājumā var uzskatīt, ka planētas, izņemot Merkuru un Plutonu, kustas pa vienā plaknē novietotām koncentriskām riņķveida orbītām; faktisko orbītu nelielā ekscentricitāte un slīpums pret ekliptikas plakni liek tikai nedaudz izmainīt aptuveni aprēķinātās trajektorijas. Tāpat var pieņemt, ka kosmiskā aparāta kustību planētas gravitācijas lauka iespaida sfēras iekšienē nosaka tikai šīs planētas pievilkšanas spēks (un nekādā mērā citu planētu un Saules pievilkšanas spēks), bet ārpus iespaida sfēras — tikai Saules gravitācijas lauks; neprecizitāte, ko ienes šīs pieņēmums, ir daudz mazāka, nekā varētu likties pirmajā acumirkli. Laiks, kuru kosmiskais aparāts planētas pārlidojuma gadījumā uzturas tās iespaida sfērā, reāli ir pavisam mazs salīdzinājumā ar planētas apriņķošanas periodu ap Sauli un kosmiskā aparāta lidojuma ilgumu, tādēļ kvalitatīvos spriedumos to var ignorēt, un attiecīgi par neievērojamu uzskatīt arī planētas stāvokļa maiņu attiecībā pret Sauli šajā laikā. Salīdzinājumā ar starpplanētu attālumiem nelieli ir arī planētu iespaida sfēru rādiusi. Šādā tuvinājumā iznāk, ka planētas iespaida sfēras iekšienē kosmiskais aparāts kustas pa planetocentrisku hiperbolu (1. att.), bet starp planētām — pa heliocentrisku elipšu, parabolu vai hiperbolu lokiem, kuru gali cits ar citu savienoti planētu pārlidojuma «punktos» (skat. 5. att.).

Tādā gadījumā gravitācijas manevra pamatideja izrādās pavisam vienkārša. Ķermenis ar niecīgu masu, pārlidojot planētu pa hiperbolisku trajektoriju, atstāj planētas gravitācijas lauka iespaida sfēru ar tādu pašu ātrumu attiecībā pret planētu, ar kādu tas šajā sfērā ienācis, — tas izriet no enerģijas nezūdamības likuma. Taču tā kustības virziens ir pagriezies hiperbolas plaknē par leņķi, kas ir aptuveni vienāds ar leņķi starp hiperbolas asimptotām (1. att.). Tātad ķermeņa planetocentriskā ātruma vektors uz iespaida sfēras robežas ir izmainījies, lai arī saglabājis savu moduli. Tā kā šī ķermeņa heliocentriskā ātruma vektors ir pārlidojuma laikā tikpat kā nemainīgā planētas heliocentriskā ātruma vektora un paša ķermeņa planetocentriskā ātruma vektora summa, tad skaidrs, ka pēc



1. att. Gravitācijas manevra vektoru diagramma:  $v_{IE}$ ,  $v_{IZ}$  — kosmiskā aparāta planetocentriskais ātrums;  $V_{IE}$ ,  $V_{IZ}$  — kosmiskā aparāta heliocentriskais ātrums;  $V_{PL}$  — planētas heliocentriskais ātrums; indeksi IE un IZ apzīmē attiecīgos vektorus, kosmiskajam aparātam ieejot planētas gravitācijas lauka iespaida sfērā un izejot no tās; P — pārlidojamā planēta.

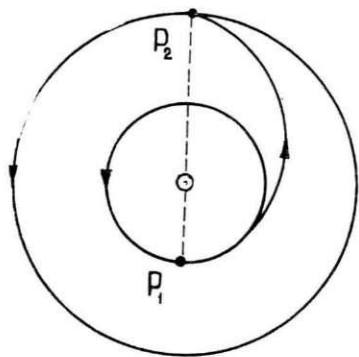


tuvošanās planētai ķermeņa heliocentriskais ātruma vektors vispār būs izmainījies. Savukārt cits ātruma vektors gandrīz tajā pašā telpas punktā nozīmē citu heliocentrisko orbītu nekā pirms planētas pārlidojuma. Var teikt, ka pārlidojuma rezultātā notikusi kosmiskā aparāta heliocentriskās orbītas perturbācija; no tā cēlies otrs šāda manevra nosaukums — perturbācijas manevrs.

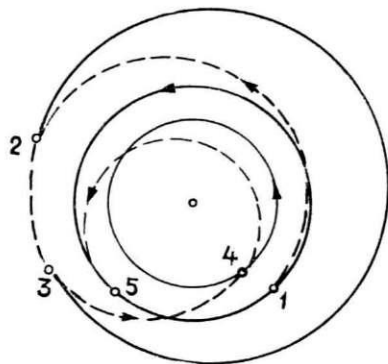
Heliocentriskā ātruma relatīvās izmaiņas lielumu nosaka planētas un Saules gravitācijas spēku attiecība pārlidojuma trajektorijas zemākajā punktā. Tas nozīmē, ka, pirmkārt, izmaiņa būs jo lielāka, jo lielāka būs planētas masa un jo tālāk tā atradīsies no Saules, otrkārt, jo zemāks būs trajektorijas pericentrs; diemžēl tas nevar būt zemāks par planētas virsmu vai tās atmosfēras blīvo slāņu augšējo robežu.

Gravitācijas manevra idejas realizāciju var atrast dabā: astronomiem jau kopš 18. gadsimta zināmi gadījumi, kad komētas pēc ciešas tuvošanās Jupiteram radikāli mainījušas savas orbītas. Dažreiz orbīta no stipri izstieptas, eliptiskas kļuvusi par hiperbolisku un komēta uz visiem laikiem atstājusi Saules sistēmu, citreiz elipses lielā pusass stipri samazinājusies un komēta no ilgperiodiskas kļuvusi par īsperiodisku.

Tātad cilvēka darinātam kosmiskajam aparātam, kustoties pa atbilstoši izvēlētu trajektoriju, atliek tikai vajadzības gadījumā to pirms pārlidojuma pielabot ar korekcijas dzinēja palīdzību, lai planētas gravitācijas lauks šo trajektoriju vēlāmajā veidā pārmainītu. Šādu gravitācijas manevru, kad dzinējs tikai palīdz kosmisko aparātu precīzi notēmēt uz vajadzīgo telpas punktu un pārējo veic planētas pievilkšanas spēks, sauc par pasīvu. Ja dzinēju lieto arī ātruma būtiskai izmaiņai pericentra sasniegšanas brīdī, tad gravitācijas manevru dēvē par aktīvu. Šajā gadījumā tiek papildus izmantots tas apstāklis, ka fiksēta lieluma reaktīvais impulss vislielāko ātruma ieguvumu «vietējā bezgalībā», t. i., uz planētas iespaida sfēras robežas, vienmēr dod tad, ja tas pielikts brīdī, kad kosmiskā aparāta potenciālā enerģija ir vismazākā — trajektorijas pericentrā.



2. att. Enerģētiski visizdevīgākā lidojuma trajektorija no planētas  $P_1$  uz planētu  $P_2$ .



3. att. Ekspedīcija uz Marsu, atceļā pārlidojot Venēru. Kosmosa kuģa trajektorija attēlota attiecībā pret Venēras, Zemes un Marsa orbītām.

Aktīvais manevrs prasa ievērojamu degvielas patēriņu, un tā praktiska pielietošana acimredzot sāksies tikai 80. gados, enerģētiskā ziņā visai sarežģītos lidojumos, kur ar pasīvo manevru nepietiks. Tādēļ šeit aplūkosim galvenokārt šobrīd daudz aktuālākā pasīvā gravitācijas manevra pielietojumus.

Lidojumiem no Zemes attālāko planētu virzienā nepieciešams starta ātrums, kas jūtami pārsniedz otro kosmisko (11,2 km/s). Bet saskaņā ar Ciolkovska formulu pie fiksēta lieluma derīgās kravas raķetes starta masa uz vajadzīgo degvielas krājumu rēķina pieaug ārkārtīgi strauji — proporcionāli sasniedzamā ātruma eksponentei. Pēc degvielas patēriņa visekonomiskākā trajektorija kādas planētas sasniegšanai no Zemes, kā zināms, ir elipse, kura savā perihēlijā un afēlijā pieskaras attiecīgi Zemes un mērķa planētas orbītām: kosmiskais aparāts sāk savu ceļu elipses perihēlijā, pie Zemes, un beidz to afēlijā, pie sasniedzamās planētas (vai otrādi, ja mērķa planēta ir tuvāk Saulei nekā Zeme), tādējādi veicdams pusi no pilna apriņķojuma ap Sauli (3. att.). Šādas elipses lielā pusass iznāk viena pusei no abu planētu orbītu rādiusu summas un ir visai liela, kad jāsasniedz kāda no Saules sistēmas ārējām planētām. Saskaņā ar Kepleru trešo likumu ļoti liels tad izrādās arī apriņķošanas periods ap Sauli pa šādu elipsi. Piemēram, līdz Saturnam, startējot ar minimālo ātrumu, jāpavada ceļā 6 gadi, līdz Urānam — 16 gadi, līdz Neptūnam — 30 gadi, līdz Plutonam, tam atrodoties vidējā attālumā no Saules, — 45 gadi. Jebkuram ātrākam lidojumam nepieciešama krietni lielāka raķetes starta masa.

Šajā situācijā gravitācijas manevrs daudzos gadījumos ir vienīgais pārnēmiens, kas ar tagadējiem raķešu dzinējiem ļauj pieņēmamā laika sprīdī sasniegt tālas planētas bez pārmērīgi lielu un dārgu nesējraķešu lietošanas. Izvēloties piemērotu starta brīdi, kad planētas atrodas vajadzīgajā konfigurācijā, var panākt, ka vienas planētas pārlidojums liek kosmiskajam aparātam sasniegt citu, no Zemes tālāku debess ķermeni vai telpas apgabalu krietni īsākā laikā un ar mazāku starta ātrumu — dažreiz pat par 10 km/s un vairāk — nekā tiešā lidojumā. Pat gadījumos, kad nav ne laika, ne ātruma ietaupījuma, gravitācijas manevrs vismaz ļauj vienam un tam pašam kosmiskajam aparātam pētīt nevis vienu, bet divus vai vairāk objektus.

No otras puses, gravitācijas manevra realizācija prasa ļoti augstu kosmiskā aparāta navigācijas un trajektorijas korekcijas precizitāti: kļūda par vienu kilometru pie «tranzitplanētas» noved pie 1000—10 000 km kļūdas pie mērķa planētas. (Tādēļ nav brīnums, ka gravitācijas manevra praktiska izmantošana sākusies tikai pavisam nesen — 1974. gadā.) Bez tam konkrēta lidojuma veikšanai vajadzīgs noteikts planētu savstarpējais novietojums, kurš parasti atkārtojas ne visai bieži: laika sprīdis starp izdevīgiem starta periodiem parasti mērāms gados un pat desmitos gadu.

Zemes grupas planētu mazās masas un tuvums Saulei stipri ierobežo to izmantošanas iespējas gravitācijas manevriem. Jūtamu efektu var dot tikai relatīvi masīvākā Venēra (Zeme kā starta planēta atkrit).

Pirmkārt, tās pārlidojums ceļā uz Merkuru dažreiz ļauj gan ietaupīt līdz 1,5 km/s no starta ātruma, gan samazināt tuvošanās ātrumu Merku-

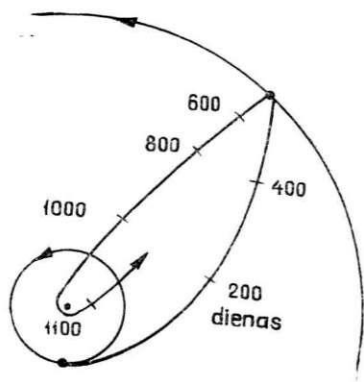
ram; lidojuma ilgums salīdzinājumā ar tiešu trajektoriju palielinās no trīssarpus mēnešiem līdz pieciem. Šāds manevrs realizēts «Mariner-10» lidojumā (sk. rakstu un attēlu «Zvaigžņotās debess» šajā numurā). Tam izdevīgs planētu novietojums šajā gadu desmitā vairs neatkārtosies.

Otrkārt, Venēras pārlidojums atceļā no Marsa var samazināt atgriešanās ātrumu Zemes atmosfērā no 19—20 km/s līdz 12 km/s, saglabājot kopējo lidojuma ilgumu 450—470 dienu ietvaros. Bez šī manevra atgriešanās ātrumu varētu samazināt, tikai paildzinot lidojumu līdz 600 dienām vai arī nobremzējot liekos 7—8 km/s ar raķešu dzinējiem. Acīmredzot tieši pēc šādas shēmas noritēs pirmā pilotējamā ekspedīcija uz Marsu. Lidojums, pielietojot šādu manevru, iespējams vairākas reizes katrā gadu desmitā.

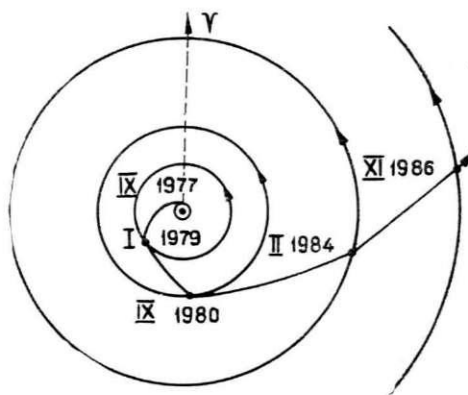
Jupitera grupas planētu milzīgās masas un liels attālums no Saules paver ļoti plašas iespējas visai efektīvu gravitācijas manevru realizēšanai. Iespējamo variantu ir tik daudz, ka minēsim tikai dažus raksturīgākos un interesantākos.

Jupitera gravitācijas lauks var kosmisko aparātu, kas startējis no Zemes ar minimālo Jupitera sasniegšanai nepieciešamo ātrumu, vai nu ievadīt trajektorijā lidojumam uz kādu no tālākajām planētām, vai (un) izsviest to no Saules sistēmas, pagriezt tā orbītas plakni par  $23^\circ$  pret ekliptikas plakni, izmainīt tā rotācijas virzienu ap Sauli vai arī ievirzīt to ļoti tuvām — līdz 0,25 a. v. — Saules pārlidojumam (4. att.). Viss atkarīgs tikai no tā, kādā veidā kosmiskais aparāts ieiet Jupitera iespaida sfērā. Starta ātrums 15—15,5 km/s minimālo 14,3 km/s vietā dod iespēju dažus no šiem manevriem realizēt vēl efektīvāk, piemēram, var notikt trāpījums pa Sauli (lai izdarītu to tiešā veidā, no Zemes būtu jāstartē ar ātrumu 31,6 km/s).

Visumā analogiskus, tikai mazāk efektīvus manevrus ļauj veikt arī citu Jupitera grupas planētu gravitācijas lauki. Izdevīga planētu savstarpēja novietojuma gadījumā vienā lidojumā iespējams kombinēt gravitācijas



4. att. Tuvs Saules pārlidojums, izmantojot gravitācijas manevru pie Jupitera.



5. att. «Grand Tour» klasiskais variants. Kosmiskā aparāta trajektorija attēlota attiecībā pret Zemes, Jupitera, Saturna, Urāna un Neptūna orbītām. Bultiņa norāda virzienu uz pavasara punktu.

manevrus pie vairākām planētām. Tā Saturna un Jupitera pārlidojums var nodrošināt kosmiskā aparāta atgriešanos Zemes apkārtnē, kamēr Jupitera pārlidojums vien to, izrādās, nevar izdarīt (bez krietnas dzinēju darbināšanas).

1976.—1979. gadā Jupitera grupas planētu novietojums būs tāds, ka no Zemes ar ātrumu  $\sim 15$  km/s startējais kosmiskais aparāts varētu veikt gravitācijas manevrus pie visām četrām planētām pēc kārtas, katras nākamās sasniegšanai izmantojot iepriekšējās planētas pievilkšanas spēku (5. att.). Ikviens pārlidojums paātrinātu kosmiskā aparāta kustību, un tas varētu sasniegt Neptūnu tikai 11,5 gadu laikā, ja pārlidotu Saturnu gar tā gredzena ārējo malu, un 8,5 gadu laikā, ja tas izietu starp Saturna virsmu un gredzena iekšējo malu. Šāds lidojums ieguvīs nosaukumu «Grand Tour» — «Lielais ceļojums»; nākamā iespēja tā realizācijai atkārtosies tikai pēc 179 gadiem.

Bez šī klasiskā četru planētu varianta apmēram tai pašā laika posmā iespējami arī vienkāršoti varianti ar trīs (vai pat tikai divu) planētu pārlidošanu, piemēram, Jupiters—Urāns—Neptūns, kā arī lidojumi Plutona virzienā: Jupiters—Saturns—Plutons, Jupiters—Plutons. To ilgums ir aptuveni tāds pats kā «Grand Tour» klasiskajam variantam, bet realizācijas iespējas vairumam no tiem atkārtojas biežāk.

Visi par gravitācijas manevru teiktais paliek spēkā, ja kosmiskais aparāts kustas planētas gravitācijas laukā un pārlido tās masīvu pavadoņi. Tiesa, Saules sistēmā vairums masīvo pavadoņu atrodas tuvu pašām planētām, un tādēļ šādu planetocentrisku gravitācijas manevru iespējas nav sevišķi plašas. Tās var palielināt, šādu manevru kombinējot vēl ar kādu citu. Tā, piemēram, pa ceļam uz Saturnu, pārlidojot Jupiteru tādā veidā, lai tas kosmiskā aparāta ātrumu samazinātu, nevis palielinātu, iespējams tuvoties Saturnam tik lēni, ka gravitācijas manevrs pie šīs planētas lielākā pavadoņa Titāna izrādās pietiekams, lai kosmiskais aparāts nonāktu orbitā ap Saturnu bez jebkādas bremsēšanas dzinēju palīdzības.

Jau šie nedaudzie piemēri rāda, kādas iespējas starpplanētu lidojumos paver gravitācijas manevrs. Tādēļ nav šaubu, ka tā pielietošana strauji vērsīsies plašumā jau vistuvākajā laikā.



# ASTRONOMIJAS JAUNUMI

## RADIOGALAKTIKAS PALĪDZ PĒTĪT STARPGALAKTISKO VIDĪ

«Zvaigžņotās debess» lapaspusēs nesen tika stāstīts par jauna tipa radiogalaktiku — kurkuļveida radiogalaktiku atklāšanu un pirmo pētījumu rezultātiem.<sup>1</sup> Novērojot vienu no šī tipa radiogalaktikām NGC 1265 Perseja zvaigznājā, holandiešu radioastronomi ieguva jaunus ļoti interesantus datus, kas par iespēju ne tikai izprast dažas šo radiogalaktiku aktivitātes īpatnības, bet arī gūt ļoti svarīgus secinājumus par starpgalaktiskās vides īpašībām.

Kurkuļveida radiogalaktikām, kā zināms, raksturīgs liels relatīvais ātrums. Tā, piemēram, NGC 1265 attiecībā pret pārējām kopas galaktikām kustas ar ātrumu, kas sasniedz 2300 km/s. Šis lielais ātrums un pieņēmums, ka eksistē samērā blīva starpgalaktiskā vide, ļauj izskaidrot kurkuļveida radiogalaktiku raksturīgo morfoloģisko īpatnību — garo, vāji starojošo radioasti. Proti, radiogalaktiku kodolu iekšējās aktivitātes gaitā laiku pa laikam apkārtējā telpā tiek izmesti plazmas mākoņi. Nonākuši starpgalaktiskā vidē, attiecībā pret kuru tie pārvietojas ar virsskaņas ātrumu, šie mākoņi tiek stipri Bremzēti un atraujas no radiogalaktikas, kas pati lielās masas dēļ Bremzējas nesalīdzināmi mazāk.

Holandiešu radioastronomiem izdevies uzņemt precīzas NGC 1265 radiokartes lineāri polarizētam starojumam 6 cm un 21 cm garos

radioviļņos. Abu šo karšu salīdzināšana ļāva noteikt ar NGC 1265 kodolu un garo radioasti saistīto magnētiskā lauka spēka līniju orientāciju. Izrādījās, ka magnētiskā lauka spēka līnijas ir paralēlas astes asij gandrīz 0,5 miljoni gaismas gadu lielā attālumā no kodola. Pārsteidzoša izrādījās ārkārtīgi augstā radioastes magnētiskā lauka spēka līniju virzības un intensitātes homogenitāte. Radioastes starojuma lineārā polarizācija astes galā sasniedz 60%. Visas šīs īpatnības, kā rāda teorētiskie pētījumi, ir ļoti līdzīgas ainai, kāda rodas, magnētiskā dipola laukam dinamiski izstiepjoties, kad dipols kustas cauri elektrību vadošai videi. Neredzamo starpgalaktisko vidi, kuras blīvums, kā rāda aprēķini, nav mazāks par  $10^{-28}$  g/cm<sup>3</sup>, jonizē un padara par elektrību vadošu kodola uzliesmojumos izmestie plazmas mākoņi, galvenokārt relatīvistiskie elektroni. Intervāli starp uzliesmojumiem ir dažus miljonus gadu lieli.

Šie holandiešu radioastronomu novērojumi un pētījumi liek domāt, ka kurkuļveida radiogalaktikas ir parastās radiogalaktikas, kurām raksturīgā dubultā simetriskā struktūra ir izjaukta sakarā ar ātro kustību caur blīvo starpgalaktisko vidi, kas, liekas, sastāv no neitrālas gāzes.

Ārkārtīgi interesants ir šo pētījumu rezultāts par starpgalaktiskās vides blīvumu, proti,  $10^{-28}$  g/cm<sup>3</sup>. Šī vērtība ir apmēram 10—100 reīžu lielāka par kritisko Visuma vielas blīvuma vērtību, kura, kā zināms, noslēdz Visuma telpas—laika metriku, t. i., padara Visumu

<sup>1</sup> Skat. A. Balklava rakstu «Jauna tipa radiogalaktikas». — «Zvaigžņotā debess», 65, 1974. gada rudens, 11. lpp.

par slēgtu. Sakarā ar to pašlaik ir ļoti nepieciešams noskaidrot, vai šādam starpgalaktiskās vides blīvumam ir lokāls raksturs, t. i., vai tāds tas ir kaut kādu iemeslu dēļ tikai kurkuļveida radiogalaktiku apkārtnē, vai arī tam ir vispārīgs raksturs. Pēdējā gadījumā būs iespējams izdarīt fundamentāla rakstura kosmoloģiskus secinājumus.

*A. Balklaavs*

## SAULES AKTIVITĀTES CENTRU SAISTĪBAS PĒTĪJUMI

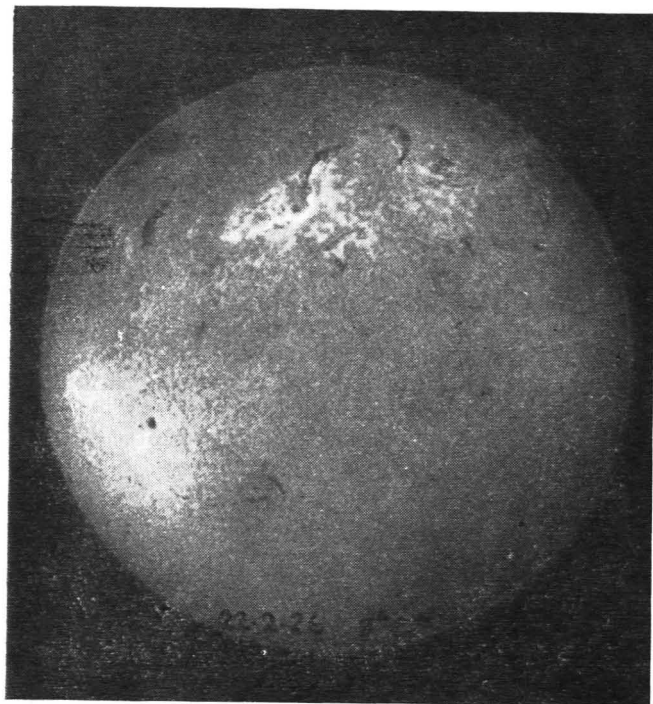
Kad aktivitātes maksimuma gados Sauli klāj daudzi aktivitātes centri un tajos bieži notiek hromosfēras uzliesmojumi, no pirmā acu

uzmetiena šķiet, ka šīs parādības notiek sporādiski. Tomēr arvien vairāk pētījumu rāda, ka norises pat tālos aktivitātes centros ir savā starpā saistītas.<sup>1</sup> Interesantus darbus šai virzienā jau vairākus gadus veic Usurijskas Saules observatorijas līdzstrādnieki. Viņu jaunākais pētījums veltīts flokulu spožuma maiņām.

Flokulas jeb lāpu lauki ir spoži veidojumi Saules hromosfērā un atgādina mākoņus. Tos iespējams novērot, fotografējot Sauli caur monohromatiskajiem filtriem (1. att.). Flokulu izvietojums ir cieši saistīts ar aktivitātes centru mag-

---

<sup>1</sup> Skat. N. Cimašovičas rakstu «Saistītie uzliesmojumi». — «Zvaigžņotā debess», 58, 1972./73. gada ziema, 20. lpp.



1. att. Saules fotogrāfija  $H_{\alpha}$  līnijas gaismā.

nētiskajiem laukiem, bet to spožums atkarīgs no magnētisko lauku intensitātes.

Usurijskā analizētas t. s. ūdeņraža flokulu spožuma svārstības, izmantojot Saules hromosfēras kinematogrāfiskos materiālus, kas iegūti, fotografējot Sauli caur t. s.  $H_{\alpha}$  filtru, resp., jonizētā ūdeņraža sarkanās līnijas gaismā. Flokulu spožums tika mērīts ik pēc 2,5 min. Izrādījās, ka flokulu spožums periodiski mainās — novērojamas tā pulsācijas. Pulsāciju periods dažādām flokulām un dažādās dienās var būt atšķirīgs — no 8 līdz 21 min. Perioda vidējā vērtība ir  $15,5 \pm 1,0$  min.

Pastāv interesanta saistība starp atsevišķu flokulu spožuma maksimumiem — ne mazāk par 50% spožuma maksimumu iestājas vienlaikus, pat tad, kad aktivitātes centri atrodas vairāku desmitu grādu attālumā cits no cita. Tātad Saules aktivitātes centru magnētiskie lauki nemitīgi pulsē, pie kam puse šo svārstību pieder pie atsevišķiem aktivitātes centriem, bet otra puse ir vairākiem centriem kopīga. Liela līdzība pastāv to flokulu spožuma maiņās, kuras izvietotas simetriski abpus Saules ekvatoram. Pašas interesantākās ir flokulu globālās pulsācijas, kas sinhroni aptver visu redzamo Saules disku.

Tādā kārtā atrasts vēl viens aplicinājums Saules aktivitātes centru ciešai savstarpējai saistībai, kas paver jaunas perspektīvas uzliesmojumu prognozei.

*N. Cimahoviča*

## DEITĒRIJA DAUDZUMS VISUMĀ

Sodien ir pavisam skaidrs, ka evolūcijas gaitā mainās Visuma

ķīmiskais sastāvs. Agrajā Visuma izplešanās stadijā, kad matērijas blīvums un temperatūra bija ļoti augsta, ievērojama bija arī kodolreakciju intensitāte. Vēlākajās stadijās kodolpārvērtības varēja notikt tikai zvaigžņu dzīles un galaktiku kodolos. Nosakot dažādu atomu kodolu relatīvo daudzumu un ievērojot, kādas izmaiņas varēja rasties Visuma evolūcijas laikā, var spriest par ļoti agrām Visuma stadijām un arī par tā globālajām īpašībām, piemēram, par Visuma vidējo blīvumu.

No tā, kādi apstākļi bija Visuma evolūcijas sākuma stadijā, lielā mērā atkarīga ūdeņraža smagā izotopa — deitērija — izplatība Visumā. Tāpēc pēdējā laikā deitērija daudzuma noteikšanai pievērš ļoti lielu uzmanību; to aprēķina Saulei, zvaigznēm, starpzvaigžņu videi. Laikā no 1969. gada septembra līdz 1972. gada novembrim ar iekārtām, kas bija uzstādītas uz Zemes mākslīgajiem pavadoņiem, bija izmērīta deitērija un ūdeņraža kodolu daudzuma attiecība Saulē (D/H). Izrādījās, ka šis lielums līdzinās  $(8 \pm 2) \times 10^{-5}$ . Saulē deitērijs var veidoties uzliesmojumu laikā, kad Saules hromosfērā daļiņas tiek paātrinātas, līdz sasniedz enerģiju, kad starp tām var notikt kodolpārvērtības. Arī uz Zemes starp 10 000 ūdeņraža kodoliem ir tikai viens deitērija kodols.

Pēdējā laikā ar radioastronomiskām metodēm ir mēģināts noteikt deitērija daudzumu vairākos gāzu miglājos un zvaigznēs. Rezultāti ir ļoti atšķirīgi. Daži no tiem liecina, ka Visumā deitērija ir daudz vairāk — apmēram 1 kodols uz 200 ūdeņraža kodoliem. To apstiprina arī automātiskās orbitālās observatorijas «Kopernik» iegūtie

dati. Zinātnieki sāka meklēt iespējamos mehānismus, kā ar laiku deitērija daudzums varēja palielināties. Varētu būt divas iespējas: deitērijs radies Galaktikas kodola aktivitātes rezultātā vai pārnovu sprādzienu laikā. Taču tad būtu jāpieņem, ka no Galaktikas centra nākošo kosmisko staru intensitāte ir 10 reizes lielāka, nekā to pieņem pašlaik. Arī pārnovās deitērijs nerodas lielos daudzumos, jo citādi mēs novērotu daudz vairāk arī citu vieglo elementu izotopu ( $\text{Li}^6$ ,  $\text{Be}^9$ ).

ASV astrofiziķi J. Ostraiķers un P. Bodenheimers interesantā ceļā pierādīja, ka attiecība D/H vielā, no kuras radušās Plejādes kopas zvaigznes, ir mazāka. Deitērijs piedalās kodolreakcijās agrāk nekā ūdeņradis, t. i., pie zemākām temperatūrām, apmēram  $8 \cdot 10^5 \text{K}$ . Kad zvaigzne, rodoties no starpzvaigžņu vielas, saspiežas, Hercšprunga—Ressela diagrammā tā ātri virzās no zemo temperatūru rajona galvenās secības virzienā, rezultātā temperatūra dzīlēs ceļas.<sup>1</sup> Ja zvaigznē

ir pietiekami daudz deitērija, tad, sasniedzot temperatūru centrā ap  $8 \cdot 10^5 \text{K}$ , reakcijas ar deitērija līdzdalību izdala tik daudz enerģijas, ka zvaigznes saspiešanās apstājas, līdz kamēr neizdeg centrālajos apgabalos viss deitērijs. Aprēķini parāda, ka Plejādēs šādas zvaigznes nenovēro, tā saucamās deitērija galvenās secības, kurai būtu jāatrodas  $3^m$ — $4^m$  virs ūdeņraža galvenās secības, nav. Tas ļāva noteikt, ka D/H ir mazāks par  $1,5 \cdot 10^{-3}$ .

Tagad ir jāmeklē iemesli, kāpēc dažu tiešo novērojumu rezultātā šī attiecība ir lielāka. Kosmisko deitērija daudzumu nosaka, mērot dažu molekulu (piemēram, DH un  $\text{H}_2$ ) daudzumu attiecību. Bet šo molekulu rašanās un disociācijas procesi atkarīgi no daudziem faktoriem, piemēram, no ultravioletā starojuma intensitātes un pat no skābekļa un oglekļa kodolu daudzuma. Ja novērojumos ievēd attiecīgās korekcijas, tad aprēķinātā D/H attiecība var izmainīties pat 100 reizi.

<sup>1</sup> Skat. J. Francmana rakstu «Zvaigžņu fizika vidusskolā» 31. lpp.

*J. Francmanis*



# KOSMOSA APGŪŠANA

## «SALŪTA-4» OTRĀ APKALPE: 63 DIENAS KOSMOSĀ

1975. gada 24. maijā 17<sup>st</sup>58<sup>m</sup> Padomju Savienībā tika palaists kosmosa kuģis «Sojuz-18» ar orbitālās stacijas «Salūts-4» nākamo apkalpi — PSRS lidotājiem kosmonautiem apakšpulkvedi Pēteri Kļimuku un tehnisko zinātni kandidātu Vitāliju Sevastjanovu. 26. maijā notika kuģa «Sojuz-18» sakabināšanās ar «Salūtu-4», kosmonauti pārgāja stacijā un sāka pildīt noteikto programmu.

Tā kā orbitālās stacijas pirmā apkalpe kosmonautu Alekseja Gubareva un Georgija Grečko sastāvā bija beigusi darbu 9. februārī (skat. «Zvaigžņotā debess», 1975. gada vasara, 31. lpp.), bet 5. aprīlī palaistajam kuģim «Sojuz» ar apkalpi kosmonautu Vasilija Lazareva un Oļega Makarova sastāvā nācās nesējraķetes trešās pakāpes darba laikā izbeigt lidojumu pēc programmas un atgriezties uz Zemes, tad «Salūts-4» bija 15 nedēļas darbojies automātiskā režīmā. Tādēļ jaunās apkalpes locekļu pirmais uzdevums bija orbitālo staciju dekonservēt, pārbaudīt tās enerģijas apgādes, dzīvības procesu nodrošināšanas un termoregulācijas sistēmas, ielikt filmas kino un fotoaparātūrā, sagatavot zinātniskos instrumentus, ieslēgt bioloģisko objektu blokus. Kad tas bija pabeigts, kosmonauti turpināja pirmās apkalpes aizsāktos darbus: pētīja Sauli, planētas un zvaigznes dažādos elektromagnētisko viļņu diapazonos, Zemes virsmu, fizikālos procesus mūsu planētas atmosfērā un kosmiskajā telpā, veica medicīniski bioloģiskus pētījumus, pārbaudīja stacijas konstrukciju un aparāturu.

Kas attiecas uz pierašanu kosmiskā lidojuma apstākļiem, tad tās sākuma fāze Kļimukam un Sevastjanovam noritēja daudz ātrāk un vieglāk nekā viņu pirmajos lidojumos. Visas svarīgākās ar šo procesu saistītās parādības viņiem izbeidzās pirmās nedēļas laikā, bet pilnīga adaptācija iestājās divdesmit piektajā — trīsdesmitajā dienā.

Lai pētītu Zemes virsmu zinātnes un tautas saimniecības interesēs, kosmonauti izmantoja divus «Salūtā-4» uzstādītus platformāta fotoaparātus; viens no tiem uzņēma uzreiz lielu Zemes virsmas apgabalu, bet otrs — daudzreiz mazāku, taču ar lielāku izšķiršanas spēju. Fotografējot tika lietots vesels gaismas filtru spektrs un dažāda veida melnbaltā un krāsainā filma. Bez tam uz «Salūta-4» kosmonautu rīcībā bija no četriem vidēja formāta aparātiem sastāvoša iekārta, no kuriem katrā bija sava tipa filma. Aparāturu vadīt varēja gan kosmonauti, gan automātiska.

Otrā apkalpe turpināja Saules novērojumus ultravioletajos staros, izmantojot orbitālās stacijas teleskopu — spektrogrāfu. Saules pētījumu programmu kosmonauti pabeidza jau 13. jūlijā, un uz šo brīdi viņi bija ieguvuši ap 600 Saules aktīvo apgabalu spektrogrammu. Lidojuma gaitā turpinājās arī citu astronomisku objektu novērojumi ar rentgenteleskopu.

Patstāvīga lidojuma programmas daļa bija tehniskie eksperimenti jaunu sistēmu un iekārtu praktiskai noslīpēšanai, kuras paredzētas perspektīviem kosmosa kuģiem un ilgas darbības orbitālajām stacijām.

Bioloģisko eksperimentu ietvaros kosmonauti, starp citu, audzēja sīpolus un zirņus.

Veselības saglabāšanas nolūkā kosmonauti ik dienas veltīja fiziskiem vingrinājumiem līdz 2,5 stundām, pa 8—12 stundām atradās slodzes tērpos, gulēja ne mazāk par 8 stundām. Apstākļi orbitālajā stacijā tika uzturēti šādi: atmosfēras spiediens ap 800 mm Hg, temperatūra ap +20°C, relatīvais gaisa mitrums ap 60%.

Sākot ar nakti no 26. uz 27. maiju, tika izdarīti eksperimenti stacijas «Salūts-4» lāzerlokācijā. No Zemes raidītos lāzeru impulsus atstaroja orbitālajā stacijā uzstādītais optiskais kakta reflektors. Tika reģistrēti skaidri atstarotie signāli.

Jūlija sākumā kosmonauti novēroja sudrabainos mākoņus, ieguva to spektrogrammas un fotoattēlus. Analogiskā veidā tika pētītas polārblāzmas, kuras bija novērojamas šajā laikā Zemes magnētiskā dienvidpola rajonā.

18. jūlijā, paralēli pētījumiem un eksperimentiem, kosmonauti sāka gatavot orbitālo staciju darbam automātiskā režīmā un kosmosa kuģi «Sojuz-18» — atpakaļceļam uz Zemi.

26. jūlijā 13<sup>st</sup>56<sup>m</sup> transportkuģis «Sojuz-18» atdalījās no orbitālās stacijas «Salūts-4» un 17<sup>st</sup>18<sup>m</sup> kuģa nolaižamais aparāts nosēdās paredzētajā Padomju Savienības rajonā 56 km uz ziemeļaustrumiem no Arkalīkas pilsētas Kazahijā — praktiski tajā pašā vietā, kur piecas dienas pirms tam pēc kopīgā PSRS un ASV eksperimenta kosmosā uz Zemes atgriezās kosmosa kuģis «Sojuz-19».

Līdz ar to bija pabeigts visilgākais pilotējamais lidojums padomju kosmonautikas vēsturē — 63 dienas. Šī lidojuma laikā Pēteris Kļimuks un Vitālijs Sevastjanovs pilnā apmērā izpildīja daudzveidīgo zinātniski tehnisko un medicīniski bioloģisko pētījumu un eksperimentu programmu.

Nolaišanās vietā izdarītā provizoriskā kosmonautu medicīniskā apskate parādīja, ka ilgo kosmisko lidojumu viņi pārcietuši labi; to apliecināja arī paši kosmonauti. Sevastjanovs bija krities svarā tikai par apmēram diviem kilogramiem, pie tam atguva savu normālo svaru jau nākamajā dienā pēc atgriešanās uz Zemes, Kļimuks — par nepilniem četriem kilogramiem (pirmās apkalpes locekļi pēc 30 dienām kosmosā — par 2,5 kg un 4,5 kg).

Orbitālā stacija «Salūts-4» turpina lidojumu pa savu apmēram 350 km augsto orbītu.

*(Pēc padomju preses materiāliem)*

## «SOJUZ» — «APOLLO»

Kosmonautikas vēsturē pirmais starptautiskais cilvēku lidojums kosmosā noritējis sekmīgi. Tas sākās, precīzā saskaņā ar PSRS un ASV speciālistu kopīgi izstrādāto plānu, šā gada 15. jūlijā 15<sup>st</sup>20<sup>m</sup> (pēc Mas-

kavas laika) ar padomju kuģa «Sojuz-19» startu no Baikonuras kosmodroma, 22<sup>st</sup>50<sup>m</sup> tam sekoja amerikāņu kuģa «Apollo» starts no Kenedija kosmisko pētījumu centra Kanaveralas zemesragā. Pēc vajadzīgo manevru veikšanas 17. jūlijā abi kosmosa kuģi sakabinājās, izmantojot šim nolūkam izstrādātos unificētos sakabināšanās mezglus. Drīz pēc tam tika atvērtas lūkas, ekipāžu komandieri spieda viens otram roku, un sākās abu valstu kosmonautu savstarpējas vizītes un kopīgs darbs, kas ilga divas dienas. 21. jūlijā 13<sup>st</sup>51<sup>m</sup> uz Zemes atgriezās «Sojuz-19» ar kosmonautiem Alekseju Leonovu un Valeriju Kubasovu, 25. jūlijā 0<sup>st</sup>18<sup>m</sup> — «Apollo» ar astronautiem Tomasu Staffordu, Vensu Brandu un Donaldu Sleitonu.

Kopīgā eksperimentālā lidojuma sekmīga paveikšana apstiprinājusi pieņemto tehnisko risinājumu pareizību, izstrādājot savietojamas sakabināšanās sistēmas abu valstu kosmosa kuģiem. Pieredze, ko kopīgā eksperimenta sagatavošanas un realizēšanas gaitā uzkrājuši PSRS un ASV speciālisti, ir labs pamats starptautisku pilotējamu lidojumu un kopīgu kosmiskās telpas zinātnisko pētījumu tālākai attīstībai. Vispār, šis kosmosa kuģu «Sojuz-19» un «Apollo» lidojums ir svarīgs solis starptautiskās sadarbības attīstībā kosmosa pētīšanā un apgūšanā.

Sīkāku ziņojumu par kopīgā eksperimentālā lidojuma zinātniskajiem, tehniskajiem un organizatoriskajiem aspektiem un par tā faktisko norisi sniegsim «Zvaigžņotas debess» nākamajā numurā.

*(Pēc TASS ziņojumiem)*

## LIDOJUMĀ «VENĒRA-9» UN «VENĒRA-10»

Saskaņā ar Saules sistēmas planētu izpētes programmu 1975. gada 8. un 14. jūnijā Padomju Savienība tika palaisti divi jauna tipa kosmiskie aparāti Venēras un tās apkārtnes pētīšanai — automatiskās starpplanētu stacijas «Venēra-9» un «Venēra-10». Abu staciju konstrukcija ir analoģiska. Pie mērķa planētas tās nonāks 1975. gada 22. un 25. oktobrī.

Lidojuma laikā gar trasi Zeme—Venēra tiek pētītas starpplanētu telpas fizikālas īpašības, tai skaitā starpplanētu magnetiskais lauks, Saules vējš un ultravioletais starojums.

Līdzšinējā Venēras pētījumu vēsture ar kosmisko aparātu palīdzību ir šāda. Laikā no 1967. līdz 1972. gadam par Venēras atmosfēru ziņas snieguši padomju automatisko starpplanētu staciju «Venēra-4» līdz «Venēra-8» nolaižamie aparāti, pie kam divi pēdejie turpinājuši pārraidīt datus, jau atrodoties uz planētas virsmas. 1962., 1967. un 1974. gadā Venēru no pārlidojuma trajektorijas petījuši trīs amerikāņu «Mariner» tipa kosmiskie aparāti. (Sīkākas ziņas 1976. gada «Astronomiskajā kalendārā».)

*(Pēc TASS ziņojumiem)*

## «MARINER-10» TREŠO REIZI PIE MERKURA

1975. gada 16. martā (17. martā pēc Maskavas laika) amerikāņu kosmiskais aparāts «Mariner-10» trešo reizi tuvojās Merkuram un pārlidoja to tikai 300 km augstumā. Šis ļoti zemais pārlidojums ļāva iegūt līdz šim visdetalizētākos Merkura virsmas attēlus un jaunu vērtīgu informāciju par planētas vājo magnētisko lauku. Dažas dienas vēlāk izbeidzās saspiešanās gāzes krājumi «Mariner-10» orientācijas un stabilizācijas sistēmā un līdz ar to — šī kosmiskā aparāta pētnieciskā misija Saules sistēmas iekšējos rajonos.

Vai saspiešanās gāze neizbeigsies jau pirms trešās tikšanās ar Merkuru, īsti skaidrs nebija vēl mēnesi pirms tam. Kad «Mariner-10» atradās ceļā uz Merkura pirmo pārlidojumu, Venēras apkaimē, tehniskas kļūmes dēļ dažu minūšu laikā tika iztērēti 20% no gāzes krājumiem. Tā kā tās daudzums bija ņemts ar krietnu rezervi, tad pārtēriņš neapdraudēja nedz programmā paredzēto Merkura pirmo pārlidojumu, nedz arī iecerēto «virspļāna» otro, taču noteikti padarīja neiespējamu vēl trešo pārlidojumu. Tomēr drīz vien Reaktīvās kustības laboratorijas (JPL) speciālisti atrada, ka, vajadzīgā veidā pagriežot Saules bateriju paneļus, iespējams panākt, lai gaismas spiediens uz šiem paneļiem pats noturētu «Mariner-10» pastāvīgi pagrieztu ar termoekrānu perpendikulāri Saules stariem; reaktīvie mikrodzinēji bija vajadzīgi tikai stabilizācijai ap trešo, pret Sauli vērsto kosmiskā aparāta garenisko asi, un gāzes patēriņš samazinājās vairāk nekā desmitkārt — no nominālajiem 1,3—1,8 g dienā uz ~ 0,1 g dienā. Arī trajektorijas korekcijas manevri un Merkura pētišanas seansi 1974. gada martā un septembrī tika plānoti tā, lai izlietotu pēc iespējas mazāk gāzes, un visu šo pasākumu rezultātā tās pietika arī trešajam pārlidojumam 1975. gada martā.

Saspiešanās gāzes pārtēriņš nebija vienīgā tehniskā kļūme, ko piedzīvoja «Mariner-10» sava lidojuma laikā, — pavisam to bija ap desmit. Ar dažām no tām patstāvīgi tika galā kosmiskā aparāta ESM, citu novēršanai bija vajadzīgas komandas no Zemes vai pat pilnīga ESM pārprogrammēšana, vēl citas izdevās apiet, uzlabojot uz Zemes atrodošās sakaru iekārtas. Tā «Mariner-10» ne tikai veiksmīgi izpildīja tam nosprausto nominālo programmu, bet arī krietni to pārsniedza: tas darbojās gandrīz pusotru gadu paredzētā pusgada vietā, šajā laikā pārlidojot Merkuru nevis vienu, bet trīs reizes, pie tam katru reizi pa citādu trajektoriju, kas stipri palielināja iegūtās informācijas daudzpusību.

Šajā sakarā interesanti aplūkot, no kādiem apsvērumiem vadījās NASA un JPL speciālisti, izvēloties «Mariner-10» ceļu tā četros planētu pārlidojumos, un ko šī izvēle deva attiecīgo planētu pētišanai.

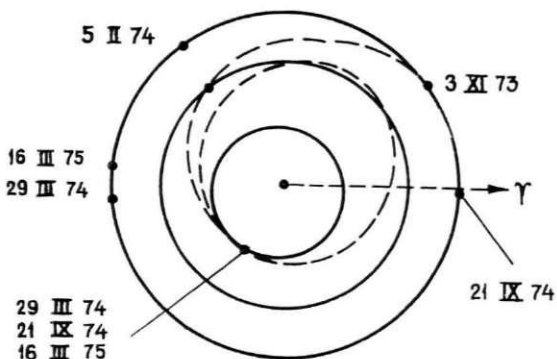
Venēras pārlidojumam («Zvaigžņotā debess», 1974. gada rudens, 28. lpp.) tika izvirzīta viena galvenā prasība — tam jāsamazina «Mariner-10» heliocentriskais ātrums un jāievirza šis kosmiskais aparāts ceļā uz Merkuru. Lai to panāktu, trajektorijas pericentram bija jāatrodas 5500—6000 km augstumā virs planētas neapgaismotās puslodes tuvu terminatoram. Šāda trase bija visumā līdzīga vēlākajai «Mariner-10» tra-

sei Merkura pirmajā pārlidojumā un tādējādi nodrošināja arī labus darbības apstākļus zinātniskajiem instrumentiem, kas bija paredzēti pirmām kārtām tieši Merkura pētišanai.

Venēras mākoņu segas attēli UV staros parādīja atmosfēras globālās cirkulācijas raksturu: ekvatora rajonā vairāk sakarsušās gāzu masas apmēram mākoņu līmenī pa spirāli kustas uz vēsākajiem polu rajoniem; zemākā līmenī tātd jānotiek gāzu kustībai pretējā virzienā. Ar radioaptumsuma metodi iegūtie rezultāti ļāva aprēķināt atmosfēras spiediena un temperatūras profilu; tas ļoti labi saskanēja ar «Venēra-4» līdz «Venēra-8» datiem tajā augstumu diapazonā, kurā tiešus mērījumus veikuši šo automātisko staciju nolaižamie aparāti, bet mazliet lielākā augstumā tika konstatēti četri temperatūras minimumi (56, 58, 61 un 63 km no virsmas), kuri acīmredzot atbilst četriem zemākajiem Venēras mākoņu slāņiem.

Pie Merkura tikai planētas nakts puses pārlidojums ne vairāk kā 1000 km augstumā ļāva veikt gravitācijas manevru, kas nodrošinātu «Mariner-10» otrreizēju tikšanos ar Merkuru pusgadu vēlāk. Arī radioaptumsuma metodes pielietojumam atmosfēras izpētē šoreiz bija nepieciešams nakts puses pārlidojums. Šāda trajektorija deva iespēju skatīt virsmas apgaismoto daļu tikai pirms un pēc maksimālās tuvošanās brīža no ~ 5000 un vairāk kilometru attāluma, tāpēc «Mariner-10» TV kameras bija apgādātas ar garfokusa objektīviem, kuri no šāda attāluma tomēr varēja dot virsmas detaļu izšķiršanas spēju (pēc papildu apstrādes ar ESM) līdz 100 m. «Mariner-10» korpussam nekustīgi piestiprinātie planētu pētišanas instrumenti — viens no UV spektrometriem un IS radiometrs — bija orientēti tā, lai varētu novērot Merkuru (un arī Venēru) nakts puses pārlidojumā.

«Mariner-10» trases mazais augstums virs Merkura (704 km) deva negaidītu rezultātu: izrādījās, ka Merkuru aptver vājš magnētiskais lauks; tieša, nekļuva vēl isti skaidrs, kādi procesi to rada — iekšēji vai ārēji (mijiedarbība ar Saules vēju). Ar UV spektrometriem pamanītās atmosfēras spiediens izrādījās ārkārtīgi niecīgs — zem  $2 \times 10^{-9}$  milibaru, tā ka to neuzrādīja pat visai jutīgā radioaptumsuma metode. (Šī fakta gaismā par kļūdainiem jāatzīst visi pēc novērojumiem no Zemes it kā noteiktie Merkura atmosfēras parametri.) Ar platleņķa objektīvu iegūtie TV attēli (izšķiršanas spēja 1,5—2,5 km) pārklāja 40% no planētas virsmas un kopā ar citiem datiem liecināja, ka tā ir apbrīnojami līdzīga Mēness virsmai («Zvaigžņotā debess», 1975. gada pavasaris, 26. lpp.).



1. att. «Mariner-10» trajektorija attiecībā pret Merkura, Venēras un Zemes orbitām. Bultiņa norāda virzienu uz pavasara punktu.



Otro reizi «Mariner-10» pārlidoja Merkuru 47981 km attālumā no tā dienas puses. Atbilstoši lielākajam attālumam ar garfokusa objektīviem sasniedzamā maksimālā izšķiršanas spēja gan bija 1 km — apmēram desmit reizes zemāka nekā pirmajā pārlidojumā. Taču tieši tikpat reižu lielāki iznāca redzeslaukā ietvertās virsmas daļas lineārie izmēri, un tāpēc visas redzamās Merkura virsmas (nevis tikai nelielu tās rajonu) apskatei platleņķa objektīvu vietā varēja izmantot teleobjektīvus. Tādējādi virsmas lielāko daļu faktiski izdevās uzņemt ar pat mazliet lielāku izšķiršanas spēju nekā pirmajā reizē. Turklāt, pateicoties izdevīgākiem novērošanas leņķiem, daudzas detaļas bija krietni labāk saskatāmas. Nedaudz vairāk uz dienvidiem nobīdītā lidojuma trase ļāva novērot arī dažus pirms tam neredzētus virsmas rajonus. (Atgādināsim, ka visos trijos gadījumos pret Sauli bija pagriezta viena un tā pati Merkura puslode.) Rezultātā otrais Merkura pētīšanas seanss, lai arī neparādīja atsevišķus rajonus tik detalizēti, virsmas sistemātiskai izpētei bija ne mazāk nozīmīgs par pirmo.

Kopā ar abām TV kamerām uz grozāmās platformas novietotais UV spektrometrs vēlreiz apstiprināja, ka Merkuram nav kaut cik vērā ņemama gāzu apvalka. Korpusam nekustīgi piestiprinātais otrais UV spektrometrs un IS radiometrs šādā planētas dienas puses pārlidojumā, protams, nebija izmantojami to orientācijas dēļ; lielais attālums liedza arī iespēju pētīt magnētisko lauku.

Toties tik tāls Merkura pārlidojums, ņemot vērā vēl planētas mazo masu un pavisam tuvās Saules gravitācijas lauka noteicošo spēku, tikpat kā neizmaiņija «Mariner-10» heliocentrisko orbītu, un pēc viena apriņķojuma tas nonāca Merkura tuvumā vēl trešo reizi. Tā kā šī bija arī nepārprotami pēdējā, tad pārlidojuma trasi nu varēja izraudzīt, vadoties tikai no vēlamiem zinātniskajiem ieguvumiem (un atlikušajām trajektorijas korekcijas iespējām). Pēc JPL tehnisko speciālistu un planetologu lēmuma trase atkal vedā «Mariner-10» pāri Merkura nakts pusei, tikai šoreiz vēl krietni zemāk nekā pirmajā pārlidojumā, lai varētu gūt skaidru atbildi uz jautājumu par Merkura magnētiskā lauka izcelsmi.

Merkura intensīvas pētīšanas seanss, kurā tātad atkal varēja izmantot visus kosmiskā aparāta zinātniskos instrumentus, noritēja ap maksimālās tuvošanās momentu un ilga 4 stundas; TV kameras tika periodiski iedarbinātas arī pirms un pēc tam.

Magnētiskā lauka mērījumi nepārprotami parādīja, ka to rada elektrodinamiski procesi Merkura iekšienē — tā šķidrajā kodolā, kas acīmredzot sastāv galvenokārt no dzelzs.

Diemžēl maksimālās tuvošanās laikā Merkuram «Mariner-10» atradās tādas Dziļā kosmosa sakaru tīkla stacijas radioredzamības zonā, kura tobrīd nebija gatava pilnu TV attēlu uztveršanai reālā laika mērogā (atgādināsim, ka «Mariner-10» videomagnetofons vairs nedarbojās). Tādēļ no minimālā attāluma iegūto attēlu formāts iznāca mazāks, jo katra 42 sekunžu ilgā cikla laikā varēja paspēt pārraidīt tikai attēla pirmo ceturtdaļu. Taču pašas TV kameras darbojās tikpat labi kā agrāk un sakarā ar mazo augstumu deva attēlus ar izšķiršanas spēju līdz 50 m — vislabāko, kāda līdz šim sasniegta planētu pētījumos.

Šoreiz lidojuma frāse bija nobīdīta vairāk uz ziemeļiem un atkal jāva skatīt dažus agrāk nenovērotus virsmas rajonus. (Vienā no tiem redzama apmēram kilometru augsta un dažus simtus km gara stāva krauja, līdzīga Mēness Taisnajai sienai.) Kopējais attēlu skaits (pilna un nepilna formāta) šajā pārlidojumā bija ap 650.

Pavisam četros planētu pārlidojumos «Mariner-10» TV sistēma, pateicoties rekordaugstajam informācijas pārraides tempam — līdz 117 600 bitiem sekundē, devusi pāri par 7000 attēliem — tikpat daudz, cik «Mariner-9» no Marsa pavadoņa orbitas gandrīz vesela gada laikā. Radioapsumsma metodes efektivitāti šajā lidojumā stipri palielināja divu atšķirīgu frekvenču raidītāju pielietošana: bez parastā telemetrijas un zinātnisko datu raidītāja 2113 MHz frekvencē (jauca 20 W) vēl nemitulēta signāla raidītājs 8415 MHz frekvencē (jauca 0,02 W).

Vienīgais zinātniskais instruments, kas nepilnīgi veicis savas funkcijas (par ~ 25%), ir plazmas analizators, jo to sedzošais vāciņš neatvērās līdz galam.

NASA rīcībā ir «Mariner-10» dublikāts, kas 1973. gada novembrī atradās citas startam gatavas «Atlas-Centaur» raķetes virsotnē gadījumam, ja «Mariner-10» ciestu neveiksmi lidojuma sākumā. Tomēr nekāda ar attiecīgu finansējumu apstiprināta plāna tā izmantošanai šajā gadu desmitā nav un acimredzot arī nebūs.

*E. Mūkins*

# KONFERENCES UN SANĀKSMES

## ZINĀTNISKĀ DARBA SKATE

### P. STUČKAS LATVIJAS VALSTS UNIVERSITĀTĒ

Lai gūtu priekšstatu par P. Stučkas Latvijas Valsts universitātē veicamā zinātniskā darba vērienu, minēsim dažus skaitļus. Zinātniskās pētniecības darba plāna realizācijā piedalās 10 zinātniskas iestādes un 52 katedras. Šajā darbā iekļāvušies 475 zinātniskie darbinieki, 563 zinātniski pedagoģiskie darbinieki, 184 aspiranti un 2967 studenti. 1974. gadā salīdzinājumā ar iepriekšējo cilvēku skaits, kas piedalās zinātniskajā darbā, pieaudzis par 800. Universitātē 1974. gada beigās bija 19 zinātņu doktori un 268 zinātņu kandidāti. Pagājušā gadā aizstāvētas 5 doktora un 27 kandidāta disertācijas. Šajā laikā publicēti 428 darbi ar kopējo apjomu pāri par 1000 autorloksneņiem, tai skaitā 8 monogrāfijas, 115 mācību grāmatas un mācību līdzekļi, 36 rakstu krājumi un 269 žurnālu raksti.

P. Stučkas Latvijas Valsts universitātē 1974. gadā notikušas 16 zinātniskas un zinātniski metodiskas konferences, no tām 6 republikāniskas un 2 Vissavienības (tai skaitā astronomu konference par laika reģistrācijas un koordinātu noteikšanas automatizāciju), kurās Universitātes darbinieki nolasījuši 422 referātus.

Par labu tradīciju ir kļuvušas gadskārtējās zinātniskās konferences. Šī gada februārī notika LVU 34. zinātniskā konference, kuras darbs norisa visās augstskolā pārstāvētajās zinātnēs nozarēs. Kopīga bija tikai viena plenārsēde ar nedaudziem pārskata referātiem un zinātņu prorektora A. Varšlavāna ziņojumu par galvenajiem zinātniskās pētniecības darba uzdevumiem un sasniegumiem. Pārējais konferences darbs notika sekcijās.

12. februārī LVU Astronomiskās observatorijas telpās pulcējās Universitātes un Zinātņu akadēmijas astronomi, lai noklausītos, kādus jautājumus risina abu iestāžu zinātnieki. Referātus bija sagatavojuši 13 autori, to starpā arī viens students. Priekšlasījumu tematika bija dažāda, atbilstoša abu observatoriju darba specifikai.

Tā kā LVU Laika dienestā tiek veikti pakāpeniski priekšdarbi pārejai uz novērojumiem ar automatizētu pasāžinstrumentu, divi referāti bija veltīti šiem jautājumiem. Kā zināms, vasaras isajās naktīs labvēlīgos laika apstākļos novērojumi ilgst visu nakti. Taču garajās ziemas naktīs vienam novērotājam strādāt cauru nakti ir ļoti grūti, tādēļ skaidrais laiks netiek izmantots pilnīgi. Tomēr tas būtu iespējams, strādājot ar automatizētu instrumentu. Rodas jautājums, vai rīta un vakara stundās izdarītie novērojumi ir kvalitatīvi līdzvērtīgi novērojumiem vistumšākajā naktī laikā? Šie jautājumi bija diskutēti K. Steina, E. Kaupušas un A. Ivanova referātā.

Pārejot uz automatizētu novērošanu, svarīgi zināt, gan kā ar laiku mainās instrumenta azimuts, gan arī kāda ir šīs maiņas sakarība ar instrumenta slīpuma maiņu. Daudzi «kāpēc» saistās arī ar azimuta mai-

ņas cēloņiem. Par pasāžinstrumenta azimuta stabilitātes pētījumiem konferencē ziņoja L. un L. Rozes.

Referentu uzmanības lokā atradās arī mazie Saules sistēmas ķermeņi — gan dabiskie, gan mākslīgie. J. Zagars konferencē apskatīja ZMP prognozēšanas iespējas. Tā kā ne vienmēr Zemes mākslīgo pavadoņu prognozēšanai iespējams izmantot koordinējošo iestāžu datus, nepieciešams izstrādāt metodi, ar kuras palīdzību var no neliela novērojuma skaita, ja tie izdarīti vienā vietā, prognozēt ZMP atrašanās vietu. Protams, no šādiem novērojumiem nav iespējams precīzi noteikt ZMP pozīcijas, taču rezultātu kopums dod iespēju izveidot kustīgo barjeru ZMP atrašanai.

Ar ZMP novērojumu apstrādi saistās dažādi jautājumi sakarā ar maksimāli lietderīgas novērojumu apstrādes programmas izveidošanu, par ko referēja E. Mūkins un J. Zariņš.

Interesanta ir arī mazo planētu sadalījuma problēma. Par to pastāstīja M. Dīriķis. Izrādās, ka šis sadalījums nav vienmērīgs. Apmēram pirms 100 gadiem mazo planētu sadalījumā ir atrastas spraugas, kurās nav planētu. Sākumā domāja, ka šajās vietās planētu kustības nav stabīlas, taču pēdējā laikā uzskati krasi mainījušies. Tagad domā, ka šajās spraugās planētu stāvokļi ir sevišķi stabili, taču atbildi uz šo jautājumu vēl joprojām meklē.

Garperioda komētām perihēliji vērsti vienā virzienā. To izskaidro ar komētu rašanos, taču var būt arī citi cēloņi. Iespējams, ka šāds komētu sadalījums pastāv komētu atklāšanas selektivitātes dēļ. Ar šīs problēmas pētījumiem nodarbojas I. Revina K. Šteina vadībā.

Zemes rotācijas problēmas var risināt ne tikai ar astronomiskām metodēm. J. Bilde šiem jautājumiem pieskāries tīri teorētiskā jomā, pētījot dažādus Zemes rotācijas modeļus.

Tā kā mūsu republikas Zinātņu akadēmijas astronomi nodarbojas ar Saules izpēti, Saules starojuma kvaziperiodisko fluktuāciju pētīšanas iespējām bija veltīts J. Averjaņihinas referāts. Iegūtie rezultāti dod iespēju spriest par procesa fiziku.

M. Paupere nodarbojas ar novērojumu matemātiskās apstrādes metožu pilnveidošanu, meklējot jaunus paņēmienus procesu atkarības pētījumos, par ko arī tuvāk ziņoja konferencē.

Nolasītie referāti vien neļauj iepazīt visu astronomijā paveikto darbu mūsu republikā, taču zināmu ieskatu tie tomēr dod. Viens no vislielākajiem sasniegumiem, ko dod šīs gadskārtējās konferences, ir kopēji paveikta darba gandarījums.

*Leonora Roze*

## **APSPRIEDE «SLĒPTĀ MASA VISUMĀ»**

Šī gada 28.—30. janvārī PSRS ZA Astronomijas padome kopā ar Igaunijas PSR ZA Astrofizikas un atmosfēras fizikas institūtu Tallinā rīkoja Vissavienības apspriedi par slēpto masu Visumā, kurā piedalījās

vairāk nekā simts dažādu PSRS observatoriju un zinātniskās pētniecības iestāžu pārstāvji un vadošie zinātniskie līdzstrādnieki. Starp dalībniekiem bija arī tādi plaši pazīstami astrofiziķi kā PSRS ZA akadēmiķi A. Mihailovs un J. Zeļdovičs, PSRS ZA korespondētājloceklis I. Šklovskis, prof. B. Voroncovs-Veljaminovs, fizikas un matemātikas zinātņu doktori L. Ozernojs, A. Doroškevičs, I. Novikovs u. c. No Latvijas PSR ZA Radioastrofizikas observatorijas apspriedē piedalījās vec. zin. līdzstrādnieks fizikas un matemātikas zinātņu kandidāts J. Francmanis un šo rindu autors.

Apspriede bija veltīta izcilā padomju astronoma, Galaktikas pētījumu padomju skolas dibinātāja Pāvela Petroviča Parenago (1906—1960) piemiņai (piecpadsmit gadu kopš viņa nāves dienas), bet tās tematika, kā jau rāda nosaukums, saistījās ar Visumā slēptās masas problēmas analīzi gan no novērojumu datu, gan arī no teorētiskās interpretācijas viedokļa.

Apspriedi ar īsu uzrunu atklāja Igaunijas PSR ZA Fizikas un matemātikas un tehnisko zinātņu nodaļas akadēmiķis sekretārs I. Epiks. Pirmo sēdi vadīja pazīstamais padomju kosmologs, Igaunijas PSR ZA akadēmiķis G. Nāns. Referātu, veltītu P. Parenago piemiņai, prof. B. Kukarkina vietā nolasīja E. Pavlovskā. Pēc tam sekoja priekšlasījumi un ziņojumi par apspriedes pamattematiku — Visumā slēpto masu, par pašreizējo stāvokli šis ne gluži jaunās, bet ārkārtīgi aktuālās problēmas jomā.

Kāds ir novērojumiem pieejamā Visumā izkļiedētās masas daudzums, vai, vulgāri izsakoties, cik sver Visums? Šis jautājums, kā jau atzīmēts, nepavisam nav jauns. Tā pirmsākumi meklējami astrofizikālo (astrofizikālo, bet ne astronomisko!) pētījumu vēstures pirmajās lapaspusēs, kas aizsāktas 18. gs. pēdējos gados, kad V. Heršels atklāja citu galaktiku eksistenci. Taču sevišķu nozīmi šis jautājums ieguva sakarā ar kosmoloģisko pētījumu parādīšanos, ar mēģinājumiem izprast Visuma vēsturi un tā attīstības tendences nākotnē, kad kļuva skaidrs, ka problēmai par Visumā izkļiedētās masas daudzumu jeb Visuma blīvumu ir šķērīrtiesneša loma Visuma kosmoloģisko modeļu izvēlē.

Pašreiz pasaules lielākie optiskie teleskopi dod iespēju saskatīt un pētīt Visuma spožākos objektus (galaktikas, kvazārus, kvazagus u. c.) ap  $10^{27}$ — $10^{28}$  cm attālumā. Šajā novērojumiem pieejamā Visuma daļā ir izkļiedētas ap  $10^{10}$  galaktiku, katra no tām satur vidēji ap  $10^{11}$  zvaigžņu. Tā kā ir pamats domāt, ka zvaigznes masa vidēji ir vienāda ar Saules masu, tad tas nozīmē, ka novērojumiem pieejamās Visuma daļas masa, kas koncentrēta zvaigznēs, ir apmēram  $10^{54}$  g un atbilstošais blīvums apmēram 3% no tā saucamā kritiskā blīvuma —  $10^{-29}$ — $10^{-30}$  g/cm<sup>3</sup>, kas, kā zināms, norobežo Visuma slēptos un vaļējos kosmoloģiskos modeļus.

Taču ir pamats domāt, ka pašlaik novērojumos atklātā masa ir tikai niecīga daļa no tās masas, kas faktiski ir izkļiedēta Visuma telpā, resp., ka lielāko šīs masas daļu, tā saucamo slēpto masu, mēs vēl neprotam novērot. Uz ko tad īsti balstās šāds uzskats? Pirmkārt, uz tā dēvēto masas paradoksu — pretrunu starp novērojamo galaktiku masu, ko nosaka pēc to spožuma (tātad pēc summārā zvaigžņu spožuma attiecīgajā galaktikā), un aprēķināto galaktiku masu, tā dēvēto dinamisko masu, ko dod galaktiku sistēmu — dubultgalaktiku un galaktiku kopu stabilitātes pētījumi,



kas balstās uz gravitācijas likuma izmantošanu. Šī pirmā masa vienmēr ir daudzkārt mazāka par otru, t. i., dinamisko masu, kas nodrošina galaktiku sistēmu un kopu stabilitāti, resp., satur tās kopā, neļaujot sistēmas galaktikām izklīst. Aprēķini rāda, ka neredzamā, slēptā masa sastāda ap 90% no galaktiku sistēmu un kopu masas, bet redzamā — tikai 10% no tās.

Otrkārt, 1969. gadā amerikāņu astronomi Dž. de Vokulērs, H. Arps, F. Bertolla u. c., izmantojot īpašas fotoemulsijas un speciālu novērošanas metodiku, atklāja, ka visām novērojamām galaktikām ir milzīgas, ļoti vāji spīdošas koronas, kas nav redzamas parastos galaktiku uzņēmumos. Pēc dažiem aprēķiniem, šo koronu masa daudzkārt pārsniedz redzamo, spožajās zvaigznēs koncentrēto galaktiku masu.

Treškārt, ir daži teorētiski apsvērumi, no kuriem izriet, ka galaktiku masa ir lielāka nekā pašreiz novērojamā.

Un, beidzot, pats pēdējais arguments par labu slēptās masas eksistencei Visumā, kura dēļ faktiski tika sasaukta iepriekš minētā apspriede Tallinā. 1974. gada sākumā igauņu astronomi, Tartu Astronomiskās observatorijas līdzstrādnieki E. Sārs, A. Kāsiks, P. Trāts un Ļeņingradas A. Joffes Fizikāli tehniskā institūta līdzstrādnieks A. Čerņins fizikas un matemātikas zinātņu doktora J. Einasto vadībā, pētot dažādu galaktiku sistēmu struktūru, morfoloģiskās un dinamiskās īpašības, atklāja jauna tipa galaktiku veidojumus, kurus nosauca par hipergalaktikām. Hipergalaktikas sastāv no kodola, ko veido viena centrālā gigantiskā galaktika, gigantisku galaktiku pāris vai kompakta galaktiku grupa, un pundurgalaktiku mākoņa, kas aptver šo kodolu. Visa šī milzīgā sistēma, šī hipergalaktika ir iegremdēta milzīgā masīvā koronā, kas nav redzama.

Šo koronu masa ir desmitiem reižu lielāka par galaktiku redzamo masu. Jāatzīmē, ka jau agrākie igauņu astronomu pētījumi par dažu spirālisko galaktiku spirāļu kustību, par galaktiku pāru kustību, kuras rotē ap kopējo smaguma centru tāpat kā dubultzvaigznes, un galaktiku kustību galaktiku kopās norādīja uz to, ka šo kustību likumsakarības nav iespējams izskaidrot, nepieņemot, ka tās nosaka lieli neredzamas masas daudzumi, kuri ir koncentrēti ne tikai un ne tik daudz pašās galaktikās un to tiešā tuvumā, kā lielos attālumos (ap 1 miljons gaismas gadu) ap tām.

Hipergalaktiku masām un spožumiem ir krasi izteikta apakšējā robeža. Hipergalaktikas ir savā starpā saistītas ar gravitācijas spēku starpniecību, un to vidējā masa ir apmēram  $10^{13}$  Saules masu liela. Šī masa, kā izrādās, ir tuva tai mazākai pirmatnējai perturbācijai, kas var izdzīvot «karstā» Visuma attīstības sākuma posmā. Vidējie ģeometriskie un fotometriskie parametri hipergalaktikām ir ļoti stabili. Tas viss liek domāt, ka hipergalaktikas ir pirmatnējie apgabali, kuros veidojas galaktikas. Jāatzīmē, ka dažus mēnešus vēlāk līdzīgus rezultātus ieguva arī amerikāņu astrofiziķi Dž. Ostraiķers, P. Pibls un A. Jahils. Viņi konstatēja, ka slēptā masa ir izklīdēta pat līdz 3 miljoniem gaismas gadu attālumā no centrālās galaktikas.

Pašlaik astrofiziķi vēl nevar precīzi pateikt, no kā sastāv šī slēptā masa, t. i., kādā formā tā eksistē, taču var uzskatīt par pierādītu, ka

slēptā masā ir koncentrēti apmēram 90% no kopējās Visumā izkliedētās masas un ka tā ir apslēpta galvenokārt ļoti plašajās galaktiku koronās miljoniem gaismas gadu attālumā ap centrālo galaktiku, nestarojot pietiekami intensīvi nevienā elektromagnētiskā starojuma intervālā (radio, infrasarkanajā, optiskajā, rentgena). Šīs slēptās vielas blīvums dilst apgriezti proporcionāli attāluma kvadrātam no centra.

Šis atklājums ļauj secināt, ka Visuma vielas blīvums ir tuvs kritiskajam vai pat lielāks par to un līdz ar to, ka īstenībai atbilstošāki ir slēgtie Visuma kosmoloģiskie modeļi, kuriem, vismaz pašreizējo zinātnes atziņu gaismā, ir vairākas priekšrocības salīdzinājumā ar vaļējiem Visuma kosmoloģiskiem modeļiem.

Interesanti atzīmēt, ka mūsu vietējā sistēma, t. i., Galaktika ar Magelana mākoņiem un Andromēdas miglajs, veido dubultu hipergalaktiku. Ap katru no šiem kodoliem riņķo liels skaits pavadoņu — pundurgalaktiku.

Kā jau teikts, astrofiziķi pagaidām ir neziņā par slēptās masas eksistences formu. Pašlaik tā parādās tikai ar savu gravitāciju, nestarojot pietiekami intensīvi nevienā elektromagnētiskā starojuma intervālā. Uz šī pamata veikti daudzi teorētiski pētījumi, kas ļauj viemgi spriest par to, kādā formā šī slēptā masa nevar eksistēt. Proti, ir skaidrs, ka slēptā masa nevar sastāvēt no neitrālas vai jonizētas gāzes, tā nevar sastāvēt no putekļiem un to nevar veidot parastās zvaigznes, jo, ja tā būtu, tad visas šīs formas, kā rāda aprēķini, varētu atklāt un noverot ar pašreiz astronomu rīcībā esošo novērošanas tehniku.

Iespējams, ka slēptā masa ir apslēpta zvaigznēs, kuru masa ir daudz mazāka par Saules masu (apmēram kā Jupiteram) un kuru spožums līdz ar to ir ļoti mazs un tādēļ tās ir ļoti grūti novērojamas. Taču jāatzīmē, ka šī iespēja atrisināt slēptās masas problēmu izvirza ļoti smagu kosmogoniskas dabas jautājumu, proti, kā un kāpēc radies tāds milzīgs daudzums vāju zvaigžņu bez vienlaicīgas Saules masas zvaigžņu un masīvāku zvaigžņu rašanās.

Rezumējot Tallinas apspriedes rezultātus, īsumā jāsaka, ka jautājumu par slēptās masas eksistenci Visumā var uzskatīt par atrisinātu pozitīvi. Kādā formā eksistē šī slēptā masa, pagaidām nav noskaidrots. Viens no virzieniem, kādā izvērsās šīs masas meklēšana, ir mēģinājumi atklāt pietiekamā daudzumā jau minētās ļoti vājas (masa kā planētai Jupiteram vai nedaudz lielāka par to) zvaigznes ar ļoti mazu masu, taču tas, kā viegli saprotams, saistīts ar ļoti lielām novērošanas grūtībām.

Apspriedes dienas bija piesātinātas ne tikai zinātniskiem referātiem, ziņojumiem un diskusijām. Pēc sēdēm viesmīlīgā Tallina aicināt aicināja apmeklēt tās muzejus, teātrus un koncertzāles, kur varēja iepazīties ar Igaunijas PSR vēsturi, tās mākslas un kultūras sasniegumiem. Un kur tad vēl Tallinas vecpilsētas — šī unikālā brīvdabas muzeja — nekad neapnikstošā apskate. Tallinā un sevišķi vecpilsētā jau var just 1980. gada olimpisko spēļu tuvumu — tiek būvēti un remontēti ceļi un ielas, rekonstruēta vecpilsēta, kas olimpisko spēļu atklāšanas dienā atmirdzēs jaunā, īsti pirmatnējā spožumā.

Jāatzīmē ļoti labā apspriedes organizācija. Apspriedes dalībnieki dzīvoja komfortablajā viesnīcā «Viru», turpat notika arī apspriedes sēdes,

kas ļāva ietaupīt daudz laika un to lietderīgi izmantot. Apspriedes dalībnieki šķīrās, aizvezdami līdz ne tikai jaunākās atziņas par Visumā slēptās masas problēmu, nākamo novērojumu un pētījumu virzienus un plānus, bet arī patīkamas atmiņas par Tallinā pavadītajām ārpussēžu stundām.

*A. Balklavs*

## STARPTAUTISKA KONFERENCE PAR MEZOSFĒRAS UN JONOSFĒRAS PROCESIEM

Gadu no gada plašāka kļūst dažādu valstu zinātnieku sadarbība. Tas bija labi redzams starptautiskajā konferencē par mezosfēras un jonosfēras parametru mijiedarbību. No š. g. 19. līdz 22. martam Tallinā bija pulcējušies pāri par simt zinātnieku — astronomu, ģeofiziķu un meteorologu — no Padomju Savienības, Eiropas socialistiskajām valstīm (galvenokārt no VDR) un no Vācijas Federatīvās Republikas.

Konferences mērķis bija iepazīstināt dalībniekus ar jaunākajiem atklājumiem mezosfēras un jonosfēras fizikā, kā arī izstrādāt starptautisku projektu «Korelējošie procesi starp jonu un neitrālajām struktūras sastāvdaļām mezosfērā».

Cetrās konferences darba dienās tika nolasīti 73 zinātniski referāti un ziņojumi, kas plaši atspoguļoja pētījumus par mezosfēru (atmosfēras slāni apmēram 40—80 km augstumā) un apakšējo jonosfēru (D un E apgabālā apmēram 100—150 km). Tika apskatīti jautājumi par jonu un neitrālo daļiņu, kā arī ozona un ūdens tvaiku koncentrāciju mezosfērā,



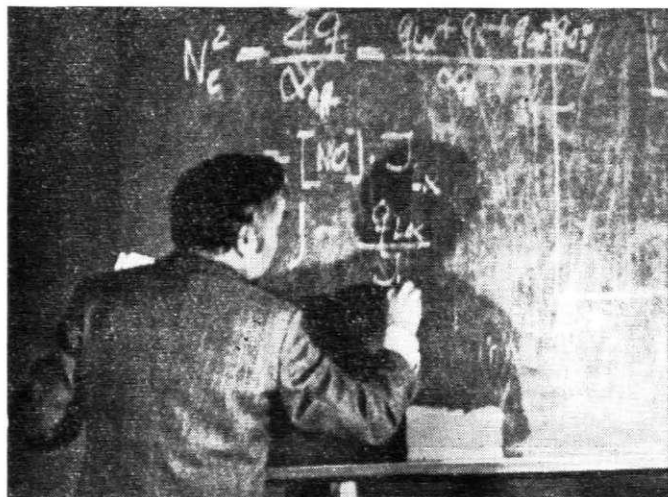
*1. att.* Konferences prezidijs. Dalībniekus sveic organizācijas komitejas priekšsēdētājs Igaunijas PSR ZA akadēmiķis I. Epiks.

tās atkarību no Saules aktivitātes, klimatiskajiem apstākļiem troposfērā un stratosfērā, sezonu variācijām un citiem faktoriem. Pakavēsimies mazliet sīkāk pie interesantākajiem referātiem.

Maskavas Pielietojamās ģeofizikas institūta pārstāvis fizikas un matemātikas zinātņu doktors A. Daņilovs norādīja, ka metodes, ko izmanto jonosfēras pētīšanai 120—150 km augstumā, nav iespējams lietot 70—90 km augstumā (t. s. mezopauzes slānī un tā tuvumā) gan tehnisku grūtību, gan lielās parametru mainības dēļ. Izrādās, ka mezopauzē ziemā krasi aug elektronu koncentrācijas mainība, kas krietni pārsniedz šo mainību vasarā. Atsevišķās ziemas dienās novērojama strauja elektronu koncentrācijas palielināšanās 80—86 km augstumā, ko nevar izskaidrot ar parastajiem rekombinācijas procesiem.

VDR Saules—Zemes fizikas institūta direktors profesors J. Taubenheims savā referātā analizēja novērojumu kļūdu cēloņus un iegūto datu pakārtotam dažādiem faktoriem. Viņš stāstīja arī par saviem darbiem, kur ar radiometožu palīdzību noteikta elektronu blīvuma atkarība no Saules zenītattāluma un no gadalaika vidējai un mazai Saules aktivitātei. VDR zinātnieki arī pētījuši iepriekš minēto ziemas anomāliju. Profesors J. Taubenheims saista elektronu koncentrācijas anomālijas ar slāpekļa oksīda NO koncentrācijas palielināšanos šajos pašos augstumos.

Daļa referātu bija veltīta jaunām mezosfēras un jonosfēras pētīšanas metodēm. Kaļiņingradas Valsts universitātes zinātnieki A. Aļeksejevs un U. Kopvilms pastāstīja par sudrabaino mākoņu pētīšanu ar koherento gaismas efektu palīdzību. Pēc referentu domām, ar lāzera palīdzību iespējams ierosināt mezosfēras apgabalā, lai tur varētu novērot māzera efektu. P. Bliohs (Harkova) ieteica pētīt atmosfēras procesus globālā mērogā ar t. s. Sūmaņa rezonanses palīdzību. J. Bragins pastāstīja par elektrisko parametru noteikšanu ar raķešu palīdzību. Pētījumos, ko Novosibirskas



2. att. Referē profesors J. Taubenheims (VDR).

zinātnieki veikuši kopīgi ar Centrālo aeroloģisko observatoriju (Maskavas tuvumā), novēroti atmosfēras slāņi, kuros elektriskais lauks saglabā nemainīgu zīmi, bet slāņu pārejās to maina. Sudrabaino mākoņu parādīšanās joslā (ap 80—90 km) pie aerosola maksimuma ir novērojams elektrovadītspējas minimums.

Vēl viens no tematiskajiem novirzieniem, kas būtu jāatzīmē, bija t. s. gravitācijas viļņu saistība ar mezosfēras procesiem. Par gravitācijas viļņiem šeit sauc viļņus ar dažu simtdaļu hercu frekvenci, kuru cēlonis var būt dažādi procesi uz Zemes (vulkānu izvirdumi, zemestrīces) vai troposfērā (ciklonu un anticiklonu pārvietošanās). Par šo jautājumu runāja N. Šefovs (PSRS ZA Atmosfēras fizikas institūts, Maskava), kā arī VDR zinātnieki D. Brodhuns, G. Buls un J. Neisers. N. Šefovs uzskata, ka tieši gravitācijas viļņi ietekmē sudrabaino mākoņu morfoloģiju un ir labvēlīgs faktors to veidošanās procesā. J. Neisers sīki informēja par sudrabaino mākoņu novērojumiem VDR pēdējos 6 gados. Sevišķa vērība tur pievērsta tieši sudrabaino mākoņu viļņveida veidojumiem. Atrasts, ka visbiežāk sastopams viļņu garums 6—10 km, bet maksimālais bija 34 km. Viļņu normāles virzieni pārsvarā bijuši ar azimutiem 40 un 120° (NO). Viļņveida kustību fāzes ātrums atkarīgs no viļņu garuma un parasti ir daži m/s, bet atsevišķos gadījumos sasniedzis 55 m/s. Viļņu periods ir 10—15 minūtes.

Sudrabaino (jeb, kā tagad sauc, mezosfēras) mākoņu pētījumiem veltīti bija vēl citi referāti, kas savukārt sadalāmi sīkākās problēmās. Vairāki referenti apskatīja sudrabaino mākoņu saistību ar radioviļņu izplatīšanos un absorbciju un sporādisko jonizāciju apakšējā jonosfērā. Citi referāti pievēršās kondensācijas centru problēmai sudrabaino mākoņu veidošanās procesā. V. Bronštens apskatīja meteoru daļiņu lomu kondensācijas centru izveidē. Lielu interesi izraisīja Vācijas Federatīvās Republikas Maksa Planka kodolfizikas institūta (Heidelberga) līdzstrādnieka doktora F. Arnolda referāts. Nodarbojoties ar masspektroskopijas mērījumiem mezosfērā, viņš izvirza hipotēzi, ka liela loma kondensācijas centru veidošanās procesā ir joniem. F. Arnolds parādīja vairākas grafikas, kur bija uzņemti



3. att. Par sudrabaino mākoņu novērojumiem no kosmosa stāsta Č. Villmans.



sudrabaino mākoņu parametri atkarībā no t. s. superpiesātināmības, kas savukārt atkarīga no temperatūras, no Saules aktivitātes un citiem faktoriem. Šāda hipotēze ļauj izskaidrot sudrabaino mākoņu ciklu.

L. Rjazanovas (Maskava, CAO) un N. Novožilova (Ļeņingrada, Galvenā ģeofizikas observatorija) referāti bija veltīti sudrabaino mākoņu sakaram ar meteoroloģiskām parādībām stratosfērā. Noskaidrots, ka krasa temperatūras paaugstināšanās stratosfērā izraisa tās pazemināšanos mezofērā. Ziemā vidējos platumu grādos mezofēra ir siltāka nekā citur, bet vasarā — aukstāka. Vasaras anticikloni sniedzas līdz pat 100 km augstumam, bet ziemā tikai līdz 50 km.

O. Vasiļjevs (Ļeņingradas Valsts universitāte) pastāstīja par anomāliem sudrabaino mākoņu parādīšanās gadījumiem (ziemas mēnešos) un aicināja attiecīgi pagarināt novērojumu laiku. Interesants bija C. Villmana (Tartu, ĪPSR ZA V. Strūves Astrofizikas observatorija), kosmonauta A. Ļeonova un A. Lazareva (Ļeņingrada) kopīgais referāts par sudrabaino mākoņu novērojumiem no kosmosa. Konferences dalībnieki noskatījās filmu, kurā bija labi redzamas sudrabaino mākoņu kustības paātrinātā veidā, kā arī iepazinās ar stereokinouzņemšanas darbiem sudrabaino mākoņu pētīšanai Maskavas studijā «Centrnaučfilm» V. Zinovjeva un N. Grišina vadībā.

Noslēgumā tika pieņemts lēmums par starptautisku sadarbību mezosfēras procesu izpētē.

*J. Voss, M. Dirīķis*

# ASTRONOMIJA SKOLĀ

## ZVAIGŽŅU FIZIKA VIDUSSKOLĀ

Zvaigžņu iekšējās uzbūves un evolūcijas teorijas izstrādāšana ir viens no lielākajiem 20. gs. astronomijas panākumiem. Astronomi tagad var izprast un izpētīt to, kas likās neiespējams: aprēķināt zvaigžņu virsmas temperatūru un temperatūru dzīlēs, noteikt debess ķermeņa ķīmisko sastāvu, atrast zvaigžņu enerģijas avotus, izpētīt zvaigžņu evolūciju. Daudzus procesus, kas notiek zvaigznēs, var aptuveni izziņāt, balstoties tikai uz tām zināšanām, ko dod vidusskolas fizikas kurss. Turpretim par zvaigžņu fiziku mūsu vidusskolas astronomijas mācību grāmata nedod gandrīz nekāda priekšstata. Šī raksta mērķis palīdzēt tiem skolotājiem, kuri savās fizikas un astronomijas stundās cenšas dot kādu papildmateriālu un kuri zvaigžņu iekšējai uzbūvei pievēršas astronomijas un fizikas pulciņu nodarbībās. Ar fizikas jēdzieniem, likumiem, vienādojumiem, kas tiek izmantoti rakstā, skolnieki iepazīstas dažādās vidusskolas klasēs, tāpēc runāt par zvaigžņu fiziku ieteicams tikai pēdējā klasē, uzsverot skolā aplūkoto fizikas likumu vispārīgumu, parādot to izmantošanu ne tikai praktiskajā dzīvē, bet arī teorētiskajos pētījumos.

## SPIEDIENS ZVAIGZNES CENTRĀ

Ar mūsu vajadzībām pietiekami lielu precizitāti var uzskatīt, ka zvaigzne ir milzīga gāzes sfēra, kas atrodas līdzsvara stāvoklī. Noteiksim spiedienu un temperatūru šīs sfēras centrā.

Zvaigzni veido milzīgs skaits atomu, jonu un elektronu (šo daļiņu skaitu, piemēram, Saulei izsaka skaitlis ar 56 zīmēm). Visas šīs daļiņas saskaņā ar vispasaules gravitācijas likumu tiek pievilktas cita citai. Tiesa, katram daļiņu pārim šis spēks ir ļoti mazs, taču ārkārtīgi lielais daļiņu skaits noved pie tā, ka rezultējošais gravitācijas spēks ir liels un tā darbības rezultātā mūsu gāzes sfēra tiecas saspiesties sava centra virzienā. Bet, pēc noteikuma, tai jābūt līdzsvara stāvoklī (zvaigzne sava mūža lielāko daļu tiešām ir līdzsvara jeb, kā saka astrofizikā, stacionārā stāvoklī). Tātad pastāv spēks, kas līdzsvaro gravitācijas spēku. Tas ir gāzes spiediena spēks. Līdzsvara stāvokļa noteikumu var formulēt šādi: sfēras centra tuvumā gāzes spiediens ir vienāds ar gāzes stabiņa svaru, kura šķērsriezums ir  $1 \text{ cm}^2$  un augstums līdzinās sfēras rādiusam (jo stabiņa svars ir spēks, ar kuru stabiņš tiek pievilktas sfēras centram).

Pēc Ņūtona vispasaules gravitācijas likuma, visi ķermeņi pievelkas cits citam ar spēku, kas tieši proporcionāls to masām un apgriezti proporcionāls to attāluma kvadrātam:

$$F = \gamma \frac{Mm}{r^2}. \quad (1)$$

$F$  ir vispasaules gravitācijas spēks starp diviem ķermeņiem, kuru masas ir  $M$  un  $m$  un attālums starp kuriem ir  $r$ .  $\gamma$  ir koeficients, kas vienāds visiem ķermeņiem, un to sauc par gravitācijas konstanti. Mūsu gadījumā ar  $M$  apzīmējam visas sfēras masu, ar  $m$  — stabiņa masu. Ja  $\bar{\rho}$  ir vidējais gāzes blīvums stabiņā, tad, ņemot vērā, ka stabiņa šķērsriezums ir  $1 \text{ cm}^2$ ,

$$m = \bar{\rho} r_*, \quad (2)$$

kur  $r_*$  ir mūsu sfēras rādiuss. Tad attālums starp sfēras un stabiņa centriem ir

$$r = \frac{r_*}{2}. \quad (3)$$

Jāsaka, ka pie šādiem pieņēmumiem formula (1) nav pilnīgi precīza, jo vispasaules gravitācijas likums ir pareizs tikai tad, ja attālums starp ķermeņiem ir tik liels salīdzinājumā ar to izmēriem, ka ķermeņus var uzskatīt par materiāliem punktiem. Bet mūsu gadījumā stabiņa dažādas daļas tiek pievilktas centram dažādi — ārējās pievelk visa sfēra, apakšējās netiek pievilktas nemaz. Lai šo faktu paskaidrotu, iedomāsimies sevi Zemes centrā. Ķermenis, kas atrodas Zemes centrā, tiks pievilktis vienmērīgi uz visām pusēm un it kā zaudēs savu svaru. Tāpat arī gāze mūsu sfēras centrā nekā nesver. Bet, lai noskaidrotu precīzi, ar kādu spēku tiek pievilktis centram mūsu stabiņš, ir jāzina blīvuma sadalījums sfērā un aprēķinos jāizmanto matemātiskās metodes, kas ir ārpus vidusskolas kursa. Pašlaik mūsu uzdevums nav precīzi noteikt interesējošos lielumus, bet gan tikai aptuveni, lai rastu priekšstatu par to fizikālo dabu. Tāpēc ir pietiekami vienkārši pieņemt, ka mūsu stabiņu gāzes sfēra pievelk vienmērīgi. Tad var uzrakstīt formulu, kas nosaka stabiņa svaru  $p$ :

$$p = \gamma \frac{M \bar{\rho} r}{(r_*/2)^2} = 4 \gamma \frac{\bar{\rho} M}{r_*}. \quad (4)$$

Līdzsvara stāvoklī šis lielums līdzinās gāzes spiedienam zvaigznes centra tuvumā. Lai uzzinātu spiediena skaitlisko lielumu, pēc formulas (4) aprēķināsim spiedienu gāzes sfēras centrā, kuras rādiuss, masa un blīvums līdzīgs Saules rādiusam  $r_{\odot}$ , masai  $M_{\odot}$  un vidējam blīvumam  $\bar{\rho}_{\odot}$ :

$$r_{\odot} = 7 \cdot 10^{10} \text{ cm}, \quad M_{\odot} = 2 \cdot 10^{33} \text{ g}, \quad \bar{\rho}_{\odot} = 1,4 \text{ g/cm}^3.$$

Gravitācijas konstante  $\gamma$  CGS sistēmā ir

$$\gamma = 6,68 \cdot 10^{-8} \frac{\text{dyn} \cdot \text{cm}^2}{\text{g}^2}. \quad (5)$$

Pēc formulas (4) aprēķinātais spiediens  $p = 10^{16} \text{ dyn/cm}^2 = 10^{10}$  atmosfēras. Tik lielu spiedienu nav iespējams iegūt nevienā laboratorijā.

### TEMPERATŪRA ZVAIGZNES CENTRĀ

Lai noteiktu temperatūru zvaigznes centrā, izmantosim pazīstamo Klapeirona vienādojumu gāzes masai, kas līdzinās vienam molam:

$$pV = RT. \quad (6)$$

Konstanti  $R$  sauc par gāzu universālo konstanti, un tās vērtība ir:

$$R = 0,082 \cdot 1 \cdot \text{atm./K} \cdot \text{mol} = 8 \cdot 3 \cdot 10^7 \text{ erg/K} \cdot \text{mol}.$$

Ja ar  $\mu$  apzīmē zvaigžņu gāzes molekulāro svaru jeb, kas ir tas pats, vienas grammolekulas svaru, tad blīvums  $\rho$  līdzinās

$$\rho = \frac{\mu}{V}. \quad (7)$$

Tagad Klapeirona vienādojumu var pārrakstīt šādā veidā:

$$p = \frac{R}{\mu} \rho T. \quad (8)$$

Milzīgais spiediens mūsu zvaigznes — gāzes sfēras centrā, kādu mēs noteicām augstāk, var būt tikai pie ļoti lieliem blīvumiem  $\rho$  vai pie augstām temperatūrām  $T$ . Bet ir zināms, ka zvaigžņu vidējais blīvums ir neliels, apmēram tāds pats kā Zemes vielām (zvaigžņu vidējo blīvumu var noteikt, zinot zvaigžņu masu un rādiusu). Tā kā blīvums zvaigznes centrālajos apgabalos ir tikai dažas reizes lielāks par vidējo, tas nevar paliecināt spiedienu līdz miljardiem atmosfēru. Seit jāatceras tikai, ka dažu debess ķermeņu, piemēram, balto punduru un neitronu zvaigžņu, blīvums ir ļoti liels, bet viela šo zvaigžņu dzīlēs vairs nav gāze, tāpēc iepriekš teiktais (arī Klapeirona vienādojums) vairs nav spēkā. Arī zvaigznēm — sarkanajiem milžiem un pārmilžiem — ir tik sarežģīta struktūra, ka tās neapskatīsim. Atgriezoties pie formulas (8), atliek pieņemt, ka milzīgais spiediens, kas ir nepieciešams, lai mūsu gāzes sfēra atrastos līdzsvara stāvoklī, var būt panākts tikai ļoti lielās temperatūrās. Lai noteiktu temperatūru zvaigznes centrā, pielīdzināsim gāzes spiedienu sfēras centrā (formula 8) stabiņa svaram (formula 4):

$$p_c = \frac{R}{\mu} \rho_c T_c = 4\gamma \frac{M \bar{\rho}}{r_*}. \quad (9)$$

Indeksi  $c$  rāda, ka lielumi tiek attiecināti zvaigznes centram. Formulā ietiek vidējais un centrālais blīvums. Var domāt, ka šie lielumi ( $\bar{\rho}$  un  $\rho_c$ ) ir proporcionāli. Bet cik reizes  $\rho_c$  ir lielāks par  $\bar{\rho}$ ? Tas atkarīgs no gāzes sfēras struktūras, un uz šo jautājumu var atbildēt tikai pēc detalizētiem aprēķiniem. Pieņemsim, ka

$$\rho_c = 4\bar{\rho}. \quad (10)$$

(Pieņemot koeficientu 4, aprēķinātā temperatūra labi sakrīt ar precīziem aprēķiniem.) Tātad

$$T_c = \frac{\mu \gamma M}{R r_*}. \quad (11)$$

Zvaigžņu masas un rādiusi ir zināmi, konstantes  $\gamma$  un  $R$  arī. Atliek noteikt zvaigznes vielas molekulāro svaru  $\mu$ .

No jēdziena «molekulārais svars» jeb «mols» definīcijas izriet, ka jebkuras vielas molā ir viens un tas pats gāzes daļiņu skaits. Šo skaitli sauc par Avogadro skaitli, un tas ir vienāds ar  $6 \cdot 10^{23}$ . Tā, piemēram, atomārā

Ūdeņraža molekulārais svars ir  $6 \cdot 10^{23}$  ūdeņraža atomu svara, kurš līdzinās 1, jo viena ūdeņraža atoma svars  $1,67 \cdot 10^{-24}$  g. Ūdeņraža molekulu gāzes molekulārais svars ir 2. Ja ir nepieciešams noteikt dažādu gazu maisījumu molekulāro svaru, jārikojas līdzīgi: jānosaka maisījuma  $6 \cdot 10^{23}$  daļiņu svars.

Zvaigznes viela sastāv no vairāku elementu atomiem un joniem, tāpēc vispirms jābūt skaidrībā par tās ķīmisko sastāvu. Mēs mēģināsim noteikt zvaigžņu ķīmisko sastāvu iekšējiem slāņiem, kur temperatūra ir ap dažiem miljoniem grādu. Tik augstās temperatūrās molekulas eksistēt nevar, bet atomi ir jonizēti, t. i., no atomiem ir atrauti viens vai vairāki elektroni (atomu jonizācija notiek jau dažu tūkstošu grādu temperatūrā). Tātad viela zvaigžņu dzīlēs sastāv no elektroniem un atomu «paliekām» (atomu kodoliem ar palikušajiem «iekšējiem» elektroniem, kuri atrodas tuvāk kodolam, un kodoliem pavisam bez elektroniem). Ir nepieciešams uzzināt, cik elektronu ir atrauts no atomiem, t. i., kāda ir zvaigžņu vielas jonizācijas pakāpe. Vienu miljonu grādu augstā temperatūrā daļiņas vidējā enerģija ir apmēram  $2,4 \cdot 10^{-10}$  ergu, bet elektrona un protona (ūdeņraža atoma kodola) mijiedarbības potenciālā enerģija ir  $2,2 \cdot 10^{-11}$  ergu, t. i., desmit reizes mazāka. Tātad ir skaidrs, ka ūdeņraža atomi zvaigznes vielā vienu miljonu grādu temperatūrā sadalās elektronos un protonos, jo katra ūdeņraža atoma saduršanās ar citu daļiņu, kura kinētiskā enerģija ir liela, izraisa atoma sabrukšanu. To pašu var teikt arī par hēlija atomiem. Kaut gan hēlijam divu elektronu mijiedarbības enerģija ar kodolu ir daudz lielāka nekā ūdeņradim, tomēr tā ir mazāka salīdzinājumā ar atsevišķu daļiņu enerģiju. Tāpēc hēlija atomu lielākā daļa zvaigznē pie temperatūras, kas ir lielāka par vienu miljonu grādu, sadalās elektronos (pa diviem no katra atoma) un  $\alpha$  daļiņās. Elektronu un kodolu mijiedarbības enerģija citos elementos ir ļoti atšķirīga, jo elektroni atrodas dažādās orbitās, tātad dažādos attālumos no kodola. Iekšējie elektroni ir stiprāk saistīti ar kodolu nekā elektroni ūdeņraža un hēlija atomos, ārējie — otrādi, vājāk. Tāpēc zvaigznē sarežģīto elementu atomu ārējie elektroni ir atrauti no kodoliem, bet iekšējie elektroni vēl var būt ar tiem saistīti. Jo atoms ir smagāks, jo lielāks ir tā kodola lādiņš, jo vairāk iekšējo elektronu tas patur. Ap vienu miljonu grādu temperatūrā skābekļa, oglekļa un slāpekļa (O, C un N) kodoli patur pa diviem iekšējiem elektroniem. Ja temperatūra sasniedz vairākus desmitus miljonus grādu, arī šie elektroni tiek atrauti. Vēl smagāki elementi patur iekšējos elektronus arī šādās temperatūrās, bet, tā kā tādu elementu ir maz, to nepilnīgai jonizācijai nav nekādas ietekmes.

Aprēķinot zvaigžņu vielas molekulāro svaru, jāņem vērā kāda svarīga īpašība, kas piemīt ķīmiskiem elementiem Mendelejeva tabulas sākumā. Izņemot ūdeņradi, tabulas pirmo triju rindiņu elementu atomsvars ir apmēram divas reizes lielāks par atoma numuru. Bet, tā ka atoma numurs nosaka kodola lādiņu un arī elektronu skaitu atomā, var teikt, ka šo elementu atomsvars ir apmēram divas reizes lielāks par elektronu skaitu atomā. Aplūkojot visas daļiņas, no kurām sastāv zvaigžņu viela (elektroni un kodoli), redzams, ka šī attiecība izmainās ļoti maz. Tā, piemēram, ja skābekļa atoms ir pilnīgi jonizēts, rodas deviņas daļiņas (astoņi elektroni



un viens kodols). Skābekļa atomsvars ir 16, tātad  $16/9=1,8$  — skaitlis, kas ir tuvs divniekam. Tātad, atomiem pilnīgi jonizējoties, vidējais daļiņu atomsvars (izņemot ūdeņradi un hēliju) būs ap divi. Hēlija pilnā jonizācijā rodas trīs daļiņas (divi elektroni un viena  $\alpha$  daļiņa). Dabūt hēlija atomsvaru ( $\mu=4$ ) ar trīs, dabūsim, ka vidēji uz vienu daļiņu iznāk  $4/3$  atomsvara vienību. Ūdeņraža pilnā jonizācijā rodas tikai divas daļiņas (elektrons un protons), tātad vidēji  $1/2$  atomsvara vienības uz katru daļiņu.

Tagad varam pāriet tieši pie zvaigžņu vielas molekulārā svara aprēķina. Atgādināsim, ka  $6 \cdot 10^{23}$  zvaigžņu vielas daļiņu (Avogadro skaitlis) svars ir  $\mu$ . Apzīmēsim ar  $X$  relatīvo ūdeņraža daudzumu vielā (pēc svara), ar  $Y$  hēlija daudzumu un ar  $Z$  pārējo elementu relatīvo daudzumu. Tātad  $X+Y+Z=1$ . Vienā molā atrodas  $\mu X$  gramu ūdeņraža. Izdalot šo skaitli ar  $1,67 \cdot 10^{-24}$  g (viena ūdeņraža atoma masa), noteiksim ūdeņraža atomu skaitu vienā molā. Bet, tā kā jonizācijas rezultātā katrs ūdeņraža atoms sadalās divās daļiņās — kopējais daļiņu skaits būs:  $2\mu X/1,67 \cdot 10^{-24}$ . Ņemot vērā, ka hēlija atoma masa ir  $4 \cdot 1,67 \cdot 10^{-24}$  g, to daļiņu skaits molā, kas rodas, hēlija atomiem jonizējoties, ir  $3 \cdot \mu Y/4 \cdot 1,67 \cdot 10^{-24}$ . Visu citu atomu masa ir  $\mu Z$ . Tā kā vidēji vienas daļiņas (kas nāk no smagiem elementiem) atomsvars ir divi, šo daļiņu skaits molā ir  $\mu Z/2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-24}$ . Visu daļiņu skaits vienā molā līdzinās Avogadro skaitam, tātad

$$\frac{2\mu X}{1,67 \cdot 10^{-24}} + \frac{3\mu Y}{4 \cdot 1,67 \cdot 10^{-24}} + \frac{\mu Z}{2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-24}} = 6 \cdot 10^{23}. \quad (12)$$

No šīs izteiksmes varam uzrakstīt galīgo formulu zvaigžņu vielas molekulārā svara noteikšanai:

$$\mu = \frac{1}{2X + \frac{3}{4}Y + \frac{1}{2}Z}. \quad (13)$$

Ja zvaigznē nebūtu ūdeņraža un hēlija ( $X=Y=0$ ,  $Z=1$ ), tad  $\mu=2$ , bet, ja viela sastāvētu tikai no jonizētā ūdeņraža ( $X=1$ ,  $Y=Z=0$ ), molekulārais svars būtu  $\mu=0,5$ .

Smago elementu procentuālais saturs dažādās zvaigznēs ir atšķirīgs, taču nepārsniedz 4% ( $Z \leq 0,04$ ). Tāpēc molekulārais svars atkarīgs galvenokārt no ūdeņraža un hēlija relatīvā daudzuma. Saulei, kuras ķīmiskais sastāvs kodolreakciju rezultātā nav daudz izmainījies,  $X=0,73$ ,  $Y=0,25$ ,  $Z=0,02$  un  $\mu=0,6$ .

Tātad mēs protam noteikt molekulāro svaru vielai, no kuras sastāv zvaigznes. Mums ir arī visi dati, kas nepieciešami, lai aprēķinātu Saules centra temperatūru (pēc formulas 11)  $T_c$ :

$$T_c \odot = 14 \cdot 10^6 \text{ } ^\circ\text{K}.$$

Ja pieņem, ka zvaigžņu ķīmiskais sastāvs ir apmēram vienāds ( $\mu = \text{const}$ ), tad formulu (11) var pārrakstīt, izmantojot izteiksmes:

$$M = 2 \cdot 10^{33} (M/M_\odot) \text{ un } r_* = 7 \cdot 10^{10} (r_*/r_\odot),$$

kur  $M_{\odot}$  un  $r_{\odot}$  — Saules masa un rādiuss. Tad

$$T_c = 14 \left( \frac{M}{M_{\odot}} \right) \left( \frac{r_{\odot}}{r} \right) \text{ (miljons grādu)}. \quad (14)$$

Spožām, karstām zvaigznēm temperatūra centrā ir ļoti augsta un sasniedz vairākus desmitus miljonus grādu, aukstām zvaigznēm — ap  $10 \cdot 10^6$  °K.

Tātad mūsu uzdevums — noteikt temperatūru zvaigznes centrā — ir atrisināts ļoti vienkārši, izmantojot tikai divus labi pazīstamus fizikas likumus — vispasaules gravitācijas likumu un gāzes stāvokļa (Kla-peirona) vienādojumu. Ķaut arī šī formula ir izvesta ļoti aptuveni, aprē-ķinātās temperatūras zvaigznes centrā atšķiras no precīzi izskaitļojamām ne vairāk kā par 10—20%. Arī precīzie aprēķini balstās uz tiem pašiem fizikas likumiem, tikai izmanto mūsdienu matemātikas aparātu, jo astro-nomiem nepieciešams zināt temperatūru zvaigznes dzīlēs ar ļoti lielu pre-cizitāti.

*J. Francmanis*

# ZINĀTNIEKŠ UN VIŅA DARBS

I. RABINOVICS

**PĪRSS BOLS**

(1865—1921)

## DZĪVES GĀJUMS

Pīrss Bols dzimis 1865. gada 23. oktobrī (pēc jaunā stila) Valkā, tajā pilsētas daļā, kas patlaban ietilpst Latvijas PSR sastāvā. Viņa tēvam — Georgam Bolam šeit piederēja rakstāmlietu un grāmatu veikals. Par Pīrsa Bola bērnības gadiem zināms vienīgi tas, ko viņš rakstījis lūgumā, stājoties darbā Rīgas Politehniskajā skolā: «Pamatizglītība — stundas pie privātskolotājiem un pilsētas pamatskola.»

1878. gadā Pīrss Bols iestājās ģimnāzijā igauņu pilsētā Vilandē. Šīs ģimnāzijas iespiestie gada pārskati — t. s. programmas — atspoguļo apstākļus, kādos viņš mācījies un audzis.

Ģimnāzijas statūtos bija teikts: «... par to gādā un pārvalda Līvlandes bruņniecība, kura pārstāv novada zemes īpašniekus.» Sadzīvē bija vienkāršāk — skolu nosauca par «bruņinieku» ģimnāziju. Formāli tajā pieņēma «jebkuras ticības un šķiriskas piederības zēnus». Bet par dēla apmācīšanu ģimnāzijā un viņa uzturēšanu ģimnāzijas pansionācijā bija jāieņem maksā 400 rbļ. gadā — tajos laikos šādu izdevumu varēja atļauties tikai bagātas ģimenes. Mazturīgiem skolniekiem, ja tie mācījās sekmīgi, tika piešķirtas nelielas stipendijas. Stipendiātu sarakstā atrodam arī Bolu.

Viņš uzsāka mācības «kvintā», kas atbilda mūsdienu piektajai klasei. Bols bija «alumnus», t. i., dzīvoja alumnātā — skolas pansionācijā, pakļaudamies stingram dienas režīmam. Cēlās pulksten sešos, tad tualete, sagatavoto stundu atkārtošana. Pusastņņos brokastis. Bez desmit minūtem deviņi — rīta lūgšana, pēc tam mācības klasē. Pulksten vienos — pusdienas. Trijos — atkal nodarbības klasē. Piecos dzēra tēju un sāka gatavot mājas uzdevumus. Tad sekoja vakariņš. Deviņos — vakara lūgšana, pusstundu vēlāk bija jāliekas gulēt. Vecāko klašu skolēniem bija atļauts doties pie miera stundu vēlāk.

Audzēkņi mācījās cītīgi, jo slinķiem un nedisciplinētajiem draudēja sēdēšana pa svētdienu karcerī. Mācību laika trešā daļa bija veltīta klasiskajām — latīņu un grieķu valodām. Daudz laika prasīja «aufzaces» — mājas domraksti par morāli ētiskām, vēsturiskām vai literārām tēmām. Piemēram: «Nāves šķīstītājs spēks», «Viesmīlības parašas viduslaikos», «Vai vācu nācijas svētā Romas impērija nākusi vācu tautai par labu vai par ļaunu?». «Aufzaces» vajadzēja sacerēt pēc stingri noteikta «temata izvēšanas plāna»:

- 1) problēmas un nepieciešamo palīgģēdzienu formulējumi;
- 2) «aufzaces» autora uzskati par problēmas saistību ar palīgģēdzieniem;



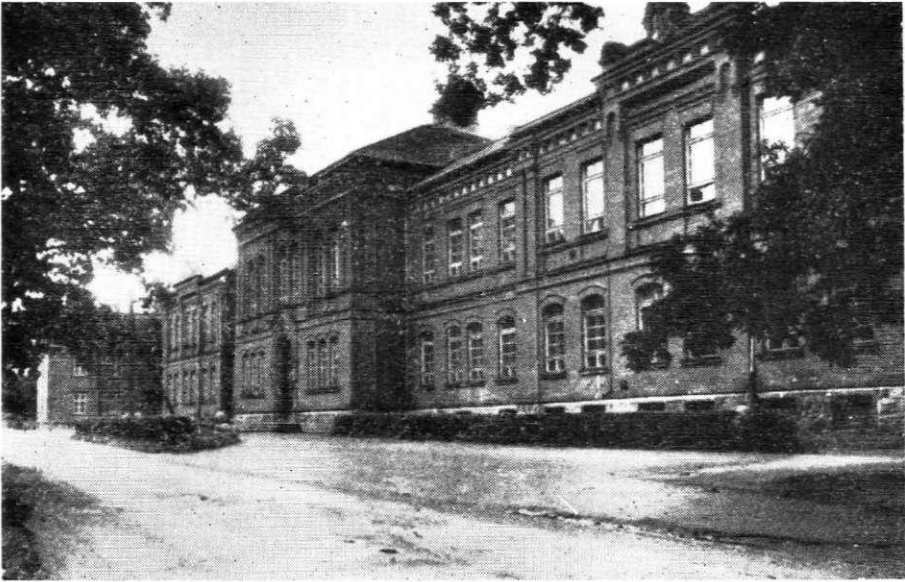
*I. att.* Mājaiņa Valkā, kur dzimis P. Bols.

- 3) šo uzskatu pamatojums;
- 4) eventuālie iebildumi;
- 5) iebildumu atspēkojums;
- 6) gala secinājums.

Bols visai pamatīgi iegaumēja šo «tēmas izvēšanas priekšrakstu» — mēs sastopam minētās shēmas elementus gandrīz visās viņa zinātniskajās publikācijās.

Matemātikai bija iepļānotas četras vai piecas stundas nedēļā, atkarībā no klases. Fiziku mācījās tikai divās pēdējās klasēs divas stundas nedēļā. Šos abus priekšmetus pasniedza Hugo Veidemanis (1854—1887). Viņš bija dzimis Jelgavā sīktirgotāja ģimenē, beidzis Jelgavas ģimnāziju un pēc tam Tērbatas universitātes Fizikas un matemātikas fakultāti. Pēc universitātes beigšanas kādu laiku strādājis par matemātikas pasniedzēju Rīgas Politehniskajā skolā. 1878. g. — tieši tai pašā laikā, kad tur iestājās Pīrss Bols — Veidemanis sāka strādāt Vīlandes ģimnāzijā.

Tajos laikos ģimnāzijas skolotājs drikstēja diezgan plašās robežās pats noteikt sava priekšmeta mācību materiālu. Cik var spriest pēc Veidemaņa mācību plāniem, viņš diezgan radikāli izmainīja matemātikas un fizikas pasniegšanu sava laika jaunāko pedagogisko ideju garā, ieviesdams matemātikā funkcionālās atkarības jēdzienu, bet fizikā — eksperimentu. Viņš panāca, ka izlaiduma klases skolēniem reizi divos mēnešos tika piešķirta



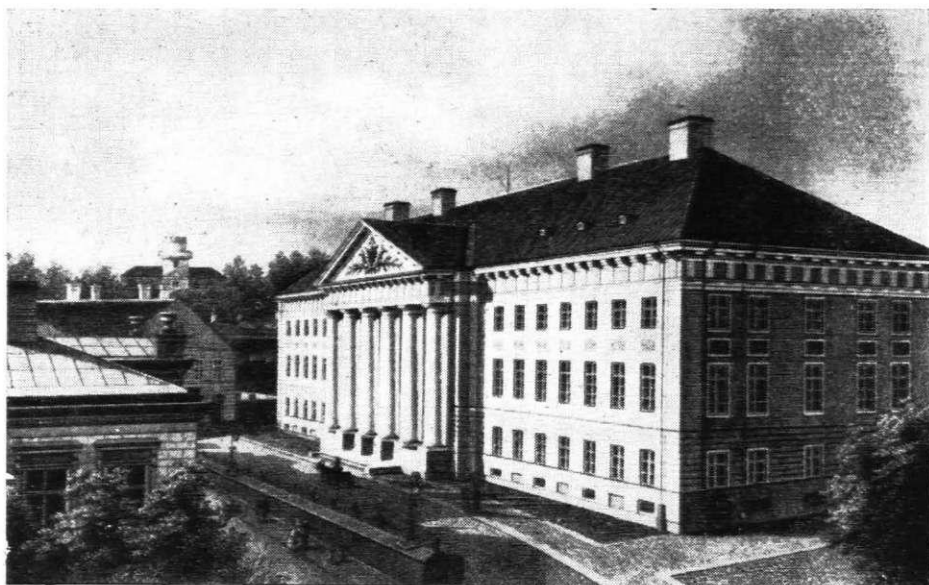
2. att. Ģimnāzija Vilandē.

brīvdiena no citām mācību nodarbībām fizikālu eksperimentu veikšanai. Audzēkņi šajās dienās iepazinās ar optisko instrumentu uzbūvi, ar spektroskopa un fotoaparāta izmantošanas principiem, viņiem pat ļāva pašiem izgatavot fotouzņēmumus — sensacionāls jaunums tajos laikos.

Veidemanis neapšaubāmi lielā mērā sekmējis to, ka Pīrss Bols varēja apgūt zinātniskā darba iemaņas, jo ātrums, ar kādu viņš apguva augstskolas kursu, liecina, ka šādas iemaņas viņam bijušas jau pašā studiju sākumā universitātē. Ir zināms arī, ka garīgā darba iemaņas parasti rodas tikai pedagoga pūliņu rezultātā. «Pašizcelsmes» ceļā tās formējas pārāk lēni pat talantīgiem cilvēkiem.

## TĒRBATAS UNIVERSITĀTĒ

1884. gadā beidzis ģimnāziju, Bols tā paša gada rudenī iestājas Tērbatas universitātes Fizikas un matemātikas fakultātē. Tajā laikā studentu apmācības sistēma universitātē balstījās nevis uz «kursiem», kā tas pie mums pieņemts tagad, bet gan uz «priekšmetiem» — studentiem bija dota pilnīga brīvība, izvēloties zinātņu studēšanas veidu, lekcijas apmeklēt nebija obligāti un studiju laiks universitātē bija neierobežots. Nodarbības regulēja vispārēja prasība — nokārtot graduālos pārbaudījumus trijās kārtās. Kad students jutās sagatavots graduālo eksāmenu kārtējās trešdaļas nokārtošanai, viņš rakstiski ziņoja par to dekanam un saņēma rīkojumu pie eksaminētāja. Programmas priekšmetu studijas noslēdzās ar



3. att. Tērbatas universitāte 19. gs. otrajā pusē.

diplomdarbu. Ja darbs bija novērtēts pozitīvi, tā autors kļuva par attiecīgās zinātnes kandidātu — «matemātikas kandidātu», «astronomijas kandidātu» u. tml. Tam, kam diplomdarbs nebija pa spēkam, bija jāsamierinās ar «īstenā studenta» nosaukumu. Matemātikas, fizikas, astronomijas specialitātēs šādu kandidātu un īsteno studentu sakrājās ik gadus seši septiņi cilvēki.

Salīdzinot studiju ilgumu universitātē tiem minēto specialitāšu studentiem, kas par kandidātiem vai īstenajiem studentiem bija kļuvuši vienā gadā ar Bolu, resp., 1887. gadā, varam secināt, ka viņš studēja savrup, neatkarīgi no kursa biedriem, tāpēc ka bija iestājies universitātē gadu vai pat divus vēlāk nekā pārējie.

Bola universitātes studiju pirmais vadītājs bija profesors Pēteris Helmlings (1817—1901), kas lasīja lekcijas augstākās matemātikas ievadnodaļās. Tērbatā Helmlings strādāja kopš 1851. gada — sākumā par privātdocentu, vēlāk — par tīrās matemātikas ordināro profesoru. Helmlinga pedagoģisko meistarību raksturo šādi viņa dienesta biogrāfijas dati. 1877. gadā Helmlings sasniedza 60 gadu vecumu, kas tolaik profesora pienākumu izpildītājam bija galējā robeža, taču viņš tika atstāts savā amatā vēl uz vienu piecgadi, pēc tam šo termiņu no jauna pagarināja, šādu lēmumu motivējot ar to, ka Helmlings «joprojām izpilda savus docētāja pienākumus ar pilnu apzinīgumu un labiem panākumiem, viņam ir neizsīkstošs gara možums un darbaspēks». Helmlings ir vairāku nelielu darbu autors diferenciālvienādojumu teorijā, tomēr apšaubāms, vai sirmais pro-





4. att. P. Helmlings.



5. att. A. Lindstets.

fesors mūs interesējošā laikposmā vēl spēja sekot jaunākajiem sasniegumiem savā zinātnes nozarē.

Jaunas idejas matemātikā bija tuvas trīsdesmit gadus vecajam Andersam Lindstetam. Kādu no saviem lekciju kursiem viņš tā arī nosauca: «Jaunā ģeometrija un algebra». Tērbatā Lindstets strādāja kopš 1879. gada, sākumā par astronomu novērotāju, vēlāk — par pielietojamās matemātikas profesoru. Savā pedagoģiskajā darbā viņš vadījās no pazīstamā Berlīnes matemātiķa Kārļa Veierštrāsa idejām, starp citu, no viņa mācības par matemātisko pierādījumu precizitāti. 1886. gadā Lindstets pameta Tērbatu un atgriezās savā dzimtenē — Zviedrijā. Viņa vietu ieņēma Ernests Oto Staude (1857—1928), pazīstamā vācu matemātiķa Fēliksa Kleina skolnieks. Bols noklausījās Štaudes analītiskās matemātikas kursu, kuru tas izklāstīja sava skolotāja Kleina atziņu garā, t. i., pievēršot lielu uzmanību praktiskiem pielietojumiem. (Viņš, tāpat kā Kleins, uzskatīja, ka teorijas attīstību nosaka tās pielietojumi jaunu dabas izziņāšanas ceļu atklāšanas nolūkā.) Tālāk mēs redzēsim, ka šie uzskati kļuvis par Bola jaunrades pamatu, kaut arī viņš reizēm neatteicās no pētījumiem, kas saistīti ar pašas matemātikas iekšējām interesēm.

Daudzas universitātē gūtās zināšanas Bols smēlies arī no Artūra Etingena (1831—1920) — tā paša fizikas profesora, kura lekcijas bija klausījis Bola skolotājs Veidemanis. Etingens bija visai erudīts zinātnieks un talantīgs pedagogs. Pazīstamajā Jurjevas (Tērbatas) universitātes profesoru biogrāfiskajā vārdnīcā viņš raksturots šādi: «Aizraudamies ar katru zinātnes jaunumu un vākdams savu novērojumu materiālu visur — gan

grāmatās un eksperimentos, gan darbā un dzīvē, — turklāt prasdams runāt dzīvi un tēlaini, viņš vienmēr mācēja savu aizraušanos piešķirt klausītājiem.»

Konkrētas ziņas par studenta P. Bola universitātes studiju gaitām smēlamies no dokumentiem viņa personiskajā lietā, kas glabājas Igaunijas PSR Centrālajā Valsts vēstures arhīvā Tartu.

Graduālo pārbaudījumu pirmo trešdaļu Bols nokārtoja 1885. gada decembrī: vienādojumu teoriju un determinanti — eksaminētājs E. Hartvigs; analītiskā ģeometrija, diferenciālrēķini, integrālrēķini, likņu un liekto virsmu teorija — eksaminētājs P. Helmlings; pret katru ierakstu redzam vārdu: «teicami».

Priekšmetu uzskaitījums ar patstāvīgi atkārtoto vārdu «teicami» atrodams arī kādā vēlākā dokumentā: jaunā ģeometrija un algebra, analītisko funkciju teorija, matemātiskā ģeogrāfija, vismazāko kvadrātu teorija, diferenciālvienādojumu integrēšana ar variāciju rēķiniem. Bols nokārtoja šos eksāmenus acimredzot savu universitātes studiju trešajā, t. i., 1886. gadā.

Šajā pašā laikā Bols iesniedza ikgadējā studentu darbu konkursā savu pirmo patstāvīgo pētījumu: «Lineāru diferenciālvienādojumu variantu veidošana un pielietošana» (šāds bija izsludinātais konkursa temats). Saskaņā ar sacensību noteikumiem darbus iesniedza, nenorādot autora uzvārdu, — ar devīzi. Bols par savu devīzi izvēlējās zīmīgu citātu no Ogista Konta «Pozitīvās filozofijas»: «Cilvēka prāts var atrast diferenciālrēķinos neierobežotu lauku savai darbībai.» Manuskripta titullapas apakšā redzams vēlāk izdarītais ieraksts: «Matemātikas studenta Pirsas Bola no Livlandes godalgotais darbs 1866. g. 12. decembrī apbalvots ar zelta medaļu.»

P. Bola personiskajā lietā atrodas arī viņa ieskautes darbs krievu literatūrā; tas bija obligāts studentiem, kuri bija beiguši vidusskolu ar vācu mācību valodu. Viņiem vajadzēja uzrakstīt krieviski kāda krievu rakstnieka romāna personāža īsu raksturojumu. Bols bija izvēlējies I. Turgeņeva romānu «Jaunie arumi» («Новь»). Kā zināms, šajā romānā Turgeņevs bija izkropļojis narodņiku vaibstus, un tādēļ progresīvā krievu inteliģence uzņēma šo sacerējumu visai vēsi. Taču mūsu matemātiķim literārās nianse bija svešas, un viņš uztvēra romāna ideju diezgan naīvi: labie cilvēki, «republikāņu jaunās paaudzes pārstāvji», cieš pārestību no ļauno cilvēku — «augsta krievu ierēdņa bez noteikta nolūka» un «seno laiku nožēlojuma piekritēja» — puses. Bola simpātijas, protams, ir pirmo varoņu pusē. Sacerējums noslēdzas ar frāzi: «Jāatzīmē, ka romāns «Jaunie arumi» modina ticību Krievijas nākotnei.» Kaut gan darbā sastopami kuriozi ģermānismi, izklāstījuma jēga pilnīgi skaidra.

Graduālo pārbaudījumu pēdējo trešdaļu Bols nokārtoja 1887. gada augusta beigās. Priekšmeti un eksaminētāji: analītiskā matemātika — E. Štaude, izskaitļu teorija — T. Molins, vispārējā astronomija — L. Švarcs, ķīmija — K. Smits. Visi eksāmeni atkal novērtēti ar atzīmi «teicami».

Līdz ar to mācību programma bija pilnīgi izpildīta, tāpēc ka par diplomdarbu Bolam ieskaitīja pētījumu par lineāro diferenciālvienādojumu

N. 103 Essayerie bi de jehip - mathem Fand d. 29 Dec. 1886.

Darstellung und Anwendung

der

Invarianten

der linearen Differentialgleichungen

Le calcul intégral présente un champ  
inspuirable à l'activité de l'esprit  
humain.

Auguste Comte. Philosophie Positive.

Manuskript vom schwed. math. Pion. Birkel von Lund,

am 12 Decembi 1886 gratuliert mit der goldenen Medaille

Prof. Dr. Carl G. Kröner.

6. att. Godalgotā P. Bola konkursa darba rokraksta titulu-  
lapa.

invariantēm, kurš bija godalgots ar zelta medaļu. Tā 1887. gada augusta beigās Pīrss Bols saņēma matemātikas kandidāta diplomu.

Pēc divām nedēļām, nokārtojot pārbaudījumu elementārās matemātikas metodikā un uzrakstījis «pārspriedumu» par noteiktu tematu, proti, «Par ģimnāzijas izglītības uzdevumiem», Bols ieguva arī vecākā skolotāja nosaukumu. Manuskriptā deviņu neliela formāta lappušu apjomā saista uzmanību sekojoši vārdi:

«Priekšstati un uztveres ir mūsu domāšanas materiālā puse, idejas un kategorijas — formālā. Izglītība, kura attīsta formālo pusi, ļaus neierobežoti izmantot idejas un kategorijas. Mēs varam izteikt šo domu arī citādi. Tā kā idejas un kategorijas ir saprāta saturs, tad var sacīt, ka izglītība, kas attīsta domāšanas formālo pusi, padara cilvēku par viņa paša saprāta īpašnieku. Pilnīga saprāta pārvaldīšana ļauj sevi manīt arī

ar to, ka cilvēks, kas nodarbojas ar garīgo drbu, sāk apjaust šī darba jēgu.»

Acīmredzot šādi izteikties var vienīgi cilvēks, kas garīgajā darbā saskata ne tikai līdzekli «prāta pārvaldīšanai», bet arī augstākā prieka avotu.

Pēc universitātes beigšanas divdesmit trīs gadus vecais Bols iekārtojās privātskolotāja darbā Lēvi muižā Igaunijā. Pēc tam viņš īsu laiku pasniedza latviešu skolotāju seminārā Irlavā. Uz šo laiku attiecas viņa pirmie iespiestie darbi. Raksts «Molekulārās pievilkšanas likums» (autora atzīme: 1888. g. augusts) publicēts 1889. gada izdevumā «Annalen der Physik und Chemie» (t. s. Videmana gadagrāmatas 36. sējumā). Tajā rakstā Bols secina: «Tie paši likumi, kas darbojas makrokosmosā, izrādās darbojamies arī mikrokosmosā) ... Sava darba rezultātus esmu formulējis šādi: pat vissīkākās masas daļiņas pievelk cita citu saskaņā ar Ņūtona likumu.» Tomēr drīz vien kļuva zināmi Van der Vaalsa pētījumu rezultāti, kuru gaismā izrādījās, ka Bols savā darbā vadījās no nepareizām atziņām.

1890. gadā laikrakstā «Zeitschrift für Mathematik und Physik» iespiests otrs Bola darbs «Par kādu trešā Keplera likuma vispārinājumu». Bols izstrādājis tajā vispārinātu izteiksmi sakarībai starp periodu, kas raksturo mehāniskās sistēmas kustību, un tās enerģiju. Vienā īpašgadījumā iegūstam Keplera likumu, citā īpašgadījumā — perioda pastāvīguma likumu svārsta mazu svārstību gadījumā. Piecdesmit gadus vēlāk šis pētījums saistīja amerikāņu zinātnieka A. Vintnera uzmanību.

1890. gada oktobrī un novembrī Bols nokārtoja maģistra eksāmenus. Trīs nedēļu laikā viņš izturēja šādus pārbaudījumus. Pielietojamā matemātika (eksaminētājs Ā. Knēzers): analītiskā mehānika, hidraulika, pielietojamā matemātika (eksāmena jautājumi — siltumvadāmība lodē un cilindrā, elektrostatiskie lādiņi uz elipsoīda virsmas, Lamē funkcijas), praktiskā mehānika (taisnstūra sijas deformācija, līdzības princips mehānismu teorijā), pielietojamās mehānikas vēsture un literatūra (Eilera darbi, 19. gs. mehānikas vēsture), varbūtības teorija. Tālāk sekoja tirās matemātikas disciplīnas (eksaminētājs F. Šūrs): diferenciālvienādojumi ar daļējiem atvasinājumiem, diferenciālģeometrija, kompleksā mainīgā funkciju teorija. Vērtējums: diferenciālvienādojumos — «labi», pārējos priekšmetos — «teicami».

Maģistra disertācija prasīja divus gadus darbu. Tās ideja Bolam radās, pētot debess mehānikas matemātiskās metodes. Viņš konstatēja, ka dažos pētījumos netika ņemta vērā atšķirība starp periodiskajām funkcijām un summām, kas sastādītas no periodiskajām funkcijām ar nesamērojamiem periodiem. Turpretī šādas funkcijas, gan galīgas, gan bezgalīgas, stingri ņemot, vairs nav periodiskas funkcijas, tādēļ to izmantošana speciāli jāpamato; šāda bija disertācijas pamatideja. Īsā ievadā P. Bols raksta: «Esmu izvirzījis sev uzdevumu noskaidrot, vai vienmērīgi konverģentām trigonometriskām rindām ar daudziem argumentiem nav kādas īpašības, kuras tām būtu tikpat raksturīgas, cik raksturīgs ir periodiskums rindām ar vienu argumentu.» Par «argumentu» šeit nosaukts lielums, kas

proporcionāls neatkarīgajam mainīgajam, turklāt proporcionalitātes koeficienti var būt nesamērojami.

Formulētais uzdevums bija sekmīgi atrisināts — Bols ieguva iekšēju raksturojumu jaunai, pirms viņa nepētītai funkciju klasei, kura var tikt attēlota ar jauna tipa trigonometriskām rindām. Tādēļ arī disertācijas nosaukums skan: «Par viena mainīgā funkciju attēlošanu, izmantojot trigonometriskās rindas ar daudziem argumentiem, kas proporcionāli vienam mainīgajam».

Disertācijas aizstāvēšana notika 1893. gada janvārī, oponenti bija H. Grofe, A. Ētingens un Ā. Knēzers. Viņš augstu novērtēja darbu, kaut gan, cik var spriest pēc Ā. Knēzera atsauksmes, netika pamanīts galvenais, — jaunas funkciju klases atklājums. Disertāciju izdeva nelielā metienā (Tērbatā, 1893). Pēc gada tās saturs tika izklāstīts vācu referatīvā žurnāla «Jahrbuch über Fortschritte der Mathematik» 25. sējumā. Taču Bola idejas saistīja speciālistu uzmanību tikai desmit gadus vēlāk, kad franču astronoms E. Esklangons neatkarīgi no Bola bija nonācis pie tām pašām atziņām, piedāvādams ērtu un izteiksmīgu terminu: «kvaziperiodiskās funkcijas».

Pašam Bolam maģistra disertācija bija tikai prelūdijs turpmākajiem pētījumiem. Viņš tos izklāstīja darbā «Par dažiem vispārējā rakstura diferenciālvienādojumiem, kas lietojami mehānikā», būdams jau Rīgas Politehniskā institūta ekstraordinārs profesors. Kādā no ievada rindām īsumā aprakstīti autora meklējumi:

«Uzsākot šos pētījumus, sākumā esmu gribējis tikai pierādīt, ka trigonometriski atrisinājumi pastāv arī vispārīgās dabas vienādojumiem. Pie tam esmu gribējis izmantot teorēmas, kas ietilpst manā sacerējumā par trigonometriskajām rindām, papildinot tās atkarībā no apstākļiem. Veicot papildu pētījumus, esmu atradis dažādas teorēmas, kam ir ciešs sakars ar aplūkojamo priekšmetu, kaut gan tās nav nepieciešamas mūsu tiešā mērķa sasniegšanai. Beidzot izrādījās, ka, pamatojoties uz atrastajām teorēmām, var pierādīt, ka pastāv trigonometriski atrisinājumi, kuri neprasa mana iepriekš minētā darba rezultātu izmantošanu. Turklāt pieņēmumi iegūst citu veidu, bet šī modifikācija laikam nav sevišķi svarīga. Tātad mans darbs satur pētījumu par kādu ļoti vispārīgu diferenciālvienādojumu sistēmu, un it īpaši tajā aplūkots gadījums, kad šī sistēma pieļauj trigonometriskus atrisinājumus.»

1900. gada februārī Bols iesniedza savu darbu kā disertāciju pielietojamās matemātikas doktora grāda iegūšanai Tērbatas universitātes Fizikas



7. att. Ā. Knēzers.

un matemātikas fakultātē. Mēneša laikā fakultātes vadošie speciālisti deva par to rakstiskas atsauksmes.

Pielietojamās matemātikas speciālista Ā. Knēzera recenzija bija visai labvēlīga:

«.. Bola k-ga darbs bagātina pielietojamo matemātiku ar vairākiem visai vērtīgiem rezultātiem. Tā attīsta vispārīga rakstura teoriju, kam ir patstāvīga interese un fundamentāla nozīme, risinot daudzus speciālus uzdevumus. Izklāstījums visur augstākā mērā rūpīgs un pārdomāts. Šādā kārtā darbs, pēc manām domām, visnotaļ pelna, lai fakultāte to pieņemtu saskaņā ar tā autora lūgumu kā doktora disertāciju.»

Atšķirībā no Knēzera ekstrordinārajam profesoram P. Grāvem, tīrās matemātikas speciālistam, disertācija nebija patikusī:

«.. neuzskatot sevi, no vienas puses, par pielietojamās matemātikas speciālistu, kas pietiekami labi pazītu literatūru un tās zinātnes nozares stāvokli, lai spriestu par autora izklāstīto rezultātu patstāvīgumu un nozīmi pielietojamā matemātikā, ievērojot viņa izdarītos ierobežojumus, bet, no otras puses, būdams tīrs matemātiķis un tādēļ nevēlēdamies izrādīties pārāk stingrs savos spriedumos par minētā darba vērtību, tā kā atrisinājumi nav pietiekami vispārīnāti un pamatoti, laipni lūdzu, lai šajā gadījumā mani aizstāj cita persona, kam būtu labāk pazīstama pielietojamā matemātika.»

Iepazinies ar Grāves atsauksmi, Knēzers izteicās, ka uzskata tīrā matemātikā apgalvojumu, it kā Bola atziņas neesot pietiekami vispārīnātas un pamatotas, par nemotivētu; viņš pieprasīja, lai Grāve savus uzskatus «motivētu ar norādi». Grāve atbildēja ar «papildinājumu atsauksmei»: tā kā viņam kļuvis skaidrs, ka viņa paša uzskati par prasībām, kurām jāatbilst katram matemātiskam pētījumam, ir pilnīgi atšķirīgi no Knēzera uzskatiem, tad viņš atturoties no disertācijas kritikas. Tomēr, vēlēdamies izrādīt Knēzeram laipnību, viņš, «neatsakoties norādīt iespēju iegūt autora izklāstītos rezultātus vienkāršākā un dabiskākā ceļā». Tālāk sekoja dažu Bola izteiksmju analīze.

Šādā kārtā Grāve, kaut arī neparastā formā, tomēr deva atsauksmi par disertāciju. Drīz pēc tam fakultāte pieņēma sekojošu lēmumu: «Ņemot vērā, ka speciālists galvenajā priekšmetā atzinis disertāciju par atbilstošu prasībām, bet recenzents, kas ir tīrās matemātikas speciālists, kaut arī konstatējis nepietiekamu vienkāršību un pieredzi matemātisku metožu izmantošanā un izklāstījumā, kā arī nepietiekamu jaunumu no tīrās matemātikas viedokļa, taču kļūdu no tīrās matemātikas viedokļa nav konstatējis, — disputu atļaut un paziņot Bola k-gam, ka pēc iespiešanas saskaņā ar vispārīgām cenzūras prasībām viņam jāiesniedz fakultātē likumā noteiktais eksemplāru skaits.»

Kavēties vairs nebija vēlams. Darbu izdeva Tartu nelielā metienā. Atlika tikai saskaņot jautājumu par oponentiem; tika paredzēts, ka tie būs Ā. Knēzers, P. Grāve un F. Molins. Uzņemties oponenta pienākumus Grāve bija ar mieru, bet, kā viņš norādīja rakstiski, «tikai ar noteikumu, ka viss disputs noritēs krievu universitātē krievu valodā». Ar viņu neviens neielaidās strīdos, kaut gan galvenais oponents Knēzers neprata krievu



valodu un tādējādi Grāves izvirzītais priekšnoteikums neļāva viņam uzstāties disputā, lai norādītu uz Bola sasniegumiem.

Disputa notika 1900. gada novembrī, un Pīrsam Georga dēlam Bolam piešķīra pielietojamās matemātikas doktora grādu.

Līdz ar to Bola sakari ar Tartu universitāti izbeidzās. Runājot par sasniegumiem, kuri izklāstīti viņa disertācijā, jāsaka, ka matemātiskajai sabiedrībai tie kļuva zināmi desmit gadus vēlāk — pēc tam, kad tās tulkojums franču valodā bija publicēts Francijas matemātiķu biedrības žurnālā — «Bulletin de la Soci t  math matique de France» (1910, t. 38, p. 1—134).

## RĪGĀ

Uz Rīgu Bols pārcēlās 1895. gadā, kad pēc Etigena un Knēzera ieteikuma viņu iel dza par matemātikas katedras vadītāju Rīgas Politehniskajā skolā vecā profesora Gustava Kizericka vietā. Iepriekš speciāla komisija izskatīja Bola zinātniskos darbus. Kā liecina saglabājušies protokoli, uz komisiju lielu iespaidu atstāja tas, ka «viņa metodes atbilst jaunākās zinātnes stingru pamatojumu prasībām». Bolu vienbalsīgi atzina par piemērotu kandidātu, turklāt komisija savā lēmumā atzīmēja: «...ja viņš mācību darbā izrādīsies tikpat uzc tīgs, cik viņš ir zinātniski sagatavots un radoši produktīvs, tad matemātikas katedra mūsu Politehnikumā noteikti nododama viņa pārziņā.»

Bols sāka lasīt lekcijas 1895. gada rudenī, trauksmainajā laikā, kad tika veikti sagatavošanas darbi Rīgas Politehniskās skolas p rorganiz šanai par Politehnisko institūtu. 1896. gada maijā tika apstiprināti jauni statūti, saskaņā ar kuriem mācībām bija jānotiek tikai krievu valodā. 1896. gada rudenī Bols sāka lasīt lekcijas krieviski.

1897. gada februārī Rīgas Politehnisko institūtu tautas izglītības ministrijas uzdevumā revidēja Harkovas Tehnoloģiskā institūta profesors V. Kirpičovs. Revīzijas gaitā Kirpičovs iepazinās ar Bola darbību, apmeklēja viņa lekcijas un atzīmēja savus iespaidus atskaitē.

«Jaunais zinātnieks kopš 1895. g. pasniedz Rīgas Politehniskajā institūtā, izklāstot šo zinātni mūsdienu stingras analīzes garā. Izkl stījums ir visai precīzs, skaidrs un korekts, un atstāj vislabāko iespaidu. Kaut gan Bola k-gs vēl nav paspējis publicēt lielu skaitu zinātnisko pētījumu, tomēr viņa paveiktais liecina, ka viņš ir talantīgs, daudzsološs zinātnieks, kas spēj izteikt oriģinālas idejas un zinātniski apstrādāt tās.»<sup>1</sup>

Revidenta — krievu augstākās tehnikās skolas izcila darbinieka — cildenā atsauksme tādai labvēlīgi ietekmēja Bola dienesta stāvokli: viņu nekavējoties nozīmēja adjunktprofesora amatā, bet pēc doktora disertācijas apstiprināšanas piešķīra ordin ra profesora nosaukumu.

Šajā laikā Bols rīdzinieku vid  kļuva pazīstams kā izcils šahists. Ar šo spēli viņš bija aizrāvies vēl studenta gados. «Students P. Bols no Valkas ir ģeni lu dotību šahists, kura spēle nav guvusi pietiekamu attīstības

<sup>1</sup> Šīs ziņas mums sniegusi E. Bahmutska, kas Harkovas vēsturiskajā arhīvā atradusi V. Kirpičova ziņojumu.

līmeni tādēļ, ka viņam trūkst cīņas pieredzes ar cienīgiem pretiniekiem,» tolaik rakstīja par viņu žurnāla «Baltische Schachblätter» komentētājs. Tagad cienīgi pretinieki atradās Rīgas šaha kluba biedru vidū. Bols sāka piedalīties turnīros un drīz iemantoja spēcīga šahista slavu. Viņu iekļāva komandas sastāvā, kas pārstāvēja Rīgu, mačos, kurus izspēleja pa telegrāfu ar citu pilsētu komandām. Starp citu, šāds mačs notika starp Rīgas un Maskavas komandām no 1899. gada novembra līdz 1900. gada aprīlim — tieši tajā laikā, kad Tērbatā tika izšķirts jautājums par Bola doktora disertāciju. Mača rezultāts bija 1,5 : 0,5 Rīgas labā. Uzvarētāja foto-uzņēmumu ievietoja kādā ilustrētā žurnālā. Šo attēlu sameklēja Rīgas Politehniskā institūta vecākais pasniedzējs A. Bunga. Pateicoties viņa pūlēm, mums ir zināms, kā izskatījās Pirss Bols.

Par Bola šahista dotībām var spriest pēc kādas angļu avīzes šaha komentētāja Hansberga atsaukmes. Par partiju, ko Bols 1901. gada janvārī spēlēja turnīrā, kas bija veltīts Rīgas pilsētas 700 gadu pastāvēšanai, Hansbergs rakstīja: «Jaatzīmē, ka šaja partijā vērojams kombināciju kops, kas liecina, ka uzvarētājam ir izcils talants, kaut gan varbūt vēl ne pilnīgi attīstīts. Ja šāda spēle tiks pilnīgi pakļauta pietiekamai, pieredzes rezultātā iegūtai paškontrolei, ja kombinēšanas kaislīgumu iegrožos saprātīga piesardzība, kas garantēs savu pozīciju drošību, tad var gaidīt visaugstākos sasniegumus, un ar laiku attīstīsies meistars, kurš varēs mēroties spekiem ar Pilsberiju vai Janovski.»

Bola spēle saistīja arī tāda ievērojama šahista uzmanību, kāds bija E. Laskers. Viena no Bola atrastajām atklātnēm iegājusi šaha literatūrā ar nosaukumu «spāņu partijas Rīgas variants». Taču viņš pats acimredzot bija vienaldzīgs pret šahista slavu un interesējās tikai par spēles gaitā radušos uzdevumu atrisinājumiem. Rīgas šaha komentētājs A. Lits, kas bieži bija Bola partneris, kādā no saviem pārskatiem vērtīgi atzīmēja: «Viņu ne tik daudz interesē uzvara, cik partijas dzīva un saistoša attīstība. Spēle pati par sevi sagādā viņam tīru prieku un baudu.»

Šaha kaislība ne mazākā mērā nenovērsa Bolu no dienesta pienākumu veikšanas. To apliecina augstākās matemātikas lekciju kurss, ko viņš sarakstījis acimredzot 90. gadu

## Дифференціальное и Интегральное исчисления

составленный по лекциям

читаннымъ

въ Рижск. Политехнич. Инст.

*Профессоромъ*  
**П. БОЛЬ.**

-----  
Студ. изд.  
-----

ИЗДАНИЕ

**Т-ва ГЛИКСМАНЪ, Рига**

Суворовская 14

1916.

8. att. P. Bola augstākās matemātikas kursa titullapa.

beigās. Šis kurss — analītiskā ģeometrija, diferenciālrēķini un integrālrēķini — vēlāk vairākas reizes ticis litografēts un divdesmit gadus noderējis par galveno mācību grāmatu Rīgas Politehniskā institūta studentiem. Latvijas Universitātes pirmajos pastāvēšanas gados studenti matemātiķi turpināja izmantot viņa kursu — izklāstījuma korektums izrādījās pietiekams.

Bola valodā, lasot lekcijas, netrūka izteicienu, kas reizēm uzjautrināja studentus: «Eksperimenta kārtā iedomāsimies, ka tā nav, un tūdaļ pierādīsim, ka tas tomēr ir.» Studentu uztverē Bols iemiesoja sevī «profesora savādnieka» jēdzienu. Par viņa aizmāršību tika sacerētas leģendas. Stāstīja, ka reiz nodarbībās, atskatot auditorijas saucieniem, ka pie tāfeles aicinātais students nav klāt, profesors mierīgi atbildējis: «Kāpēc jāklie dz? Lai viņš pats pasaka.» Atgriežoties mājās, viņš allaž esot jautājis savai mājkalpotājai: «Sakiet, lūdzu, vai šeit dzīvo P. Bols?» — pārbaudīdams, vai nav sajaucis durvis.

Bols nebija precējies, viņam nebija arī tuvu draugu. Kolēģi uzskatīja, ka viņš vārda tiešā nozīmē dzīvo tikai zinātnei, ka prieks, ko viņš izbauda, risinot sarežģītas matemātikas un mehānikas problēmas, neatstāj viņa dvēselē vietas citiem pārdzīvojumiem. Zināmā mērā šo viedokli apstiprina Bola skaidri izteiktā vienaldzība pret savu zinātnieka slavu: ziņojumu par atklāto teorēmu viņš bieži pavada ar piezīmi, kurā izsaka šaubas, vai tiešām atklājis kaut ko jaunu. Reizēm viņš pat atsakās no pirmatklājēja goda. Tā, piemēram, darbā «Par kādu diferenciālvienādojumu perturbāciju teorijā» viņš parindē raksta: «Esklangona kungs savā iepriekš minētajā pētījumā .. min šo teorēmu bez pierādījuma, atsaukdami uz rakstisku ziņojumu, ko viņš saņēmis no manis. Taču man, pamatojoties uz kādu Esklangona k-ga vēstuli, šķiet, ka teorēma, par kuru ir runa, viņam bijusi pazīstama vēl pirms mana ziņojuma saņemšanas.» Nav izslēgts, ka Bola pārmērīga neiebildīguma dēļ daudzi no viņa svarīgākajiem atklājumiem ilgu laiku palikuši ēnā, viņa laikabiedru neievēroti.

Sākoties pirmajam pasaules karam, Rīgas Politehniskais institūts tika evakuēts uz Maskavu, bet no turienes — uz Ivanovu. Uz Maskavu aizbrauca arī P. Bols. Stāstīja, ka viņš esot bieži redzēts pastaigājamiem gar Kremļa mūri ar nešķiramo lietussargu rokā pat trīsdesmit grādu salā.

1919. gadā, pēc tam kad Rīgā nodibinājās Padomju Latvijas valdība, Bols atgriezās Rīgā un sāka lasīt lekcijas nule organizētajā Latvijas augstskolā. Taču viņa vitālie spēki bija izsīkuši. 1921. gada 25. decembrī Pīrss Bols mira ar asinsizplūdumu smadzenēs.

Tā kā Bolam nebija nedz radnieku, nedz tuvu draugu, atmiņas par viņu drīz sāka gaist. Taču matemātiķi gādāja, lai tā nenotiktu. Latvijas Valsts universitātes profesors A. Lūsis parūpējās, lai Pīrsa Bola vārds tiktu atzīmēts Lielajā Padomju enciklopēdijā. Attiecīgs raksts tajā saistīja ievērojamā matemātikas vēsturnieka I. Depmana uzmanību. Viņš pamudināja šo rindu autoru uzsākt Bola biogrāfijas un zinātniskā mantojuma pētišanu. Talkā tika aicināts profesors A. Miškiss.

1961. gadā Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas Astrofizikas laboratorija

izdeva P. Bola darbu izlasi krievu tulkojumā.<sup>2</sup> 1974. gadā Latvijas PSR ZA Fizikas institūts un VAQB Latvijas nodaļa matemātikas zinātņu doktora L. Reiziņa redakcijā laida klajā grāmatu, kurā sakopoti visi P. Bola zinātniskie darbi matemātikā un debess mehānikā.<sup>3</sup> Līdz ar to viņa idejas kļuvas pieejamas plašām matemātiķu aprindām.

\* \*  
\*

Rīgas Politehniskā institūta profesors Pīrss Bols iegājis zinātnes vēsturē kā kvaziperiodisko funkciju teorijas pamatlicējs, viens no matemātikās analīzes un debesu mehānikas kvalitatīvo metožu pionieriem, vairāku lielisku teorēmu autors dažādās matemātikas nozarēs.

Kā jau tas nereti gadījies ar jaunu metožu un faktu pirmatklājējiem, Bola darbi kādu laiku palikuši ēnā. Viņš bija vienaldzīgs pret slavu un nemeklēja atzinību saviem nopelniem. Viņa sasniegumu nozīme pilnā mērā tika novērtēta tikai matemātikas attīstības turpmākajā gaitā.

Bola jaunradei raksturīgi viņa pētījumu ievirze, izmantoto līdzekļu mērķtiecīgums, skaidrība uzdevumu izvirzīšanā, to risināšanas oriģinalitāte. Parasti, izejot no dabas zinātniskas problēmas un atrodot tās matemātiskā formulējuma saprātīgu vispārinājumu, viņš meklēja problēmas atrisinājuma piemērotas metodes, neatsakoties no principiāli jaunu ceļu radīšanas matemātikā un pārvarēdams ar to saistītās grūtības. Tieši šīs metodes izraisa vislielāko interesi, jo tajās atspoguļojas daudzu visai svarīgu ideju veidošanās sākuma stadija. Bieži vien viņš izklāstīja savas pavisam oriģinālas metodes kā kaut ko tādu, kam ir tikai palīgnozīme galvenā mērķa sasniegšanai — konkrēta uzdevuma risināšanai. Šis apstāklis neapšaubāmi kļuvis par vienu no iemesliem tam, ka Bola darbus nebija pietiekami novērtējuši viņa laikabiedri.

---

<sup>2</sup> Боль П. Г. Избранные труды. Вступительная статья А. Д. Мышкиса и И. М. Рабиновича. Рига, Изд-во АН ЛатвССР, 1961. 240 с.

<sup>3</sup> Боль П. Собрание трудов. Перевод с немецкого И. М. Рабиновича. Вступительная статья и комментарии Л. Э. Рейзиня и И. А. Хенинь. Под редакцией Л. Э. Рейзиня. Рига, «Зинатне», 1974. 518 с.

# HRONIKA

## JAUNI ZINĀTŅU KANDIDĀTI

### JĀNIS BALODIS

1975. gada 31. janvārī PSRS Zinātņu akadēmijas Galvenās astronomiskās observatorijas zinātniskās padomes sedē Pulkovā LVU Astronomiskās observatorijas jaunākais zinātniskais līdzstrādnieks Jānis Balodis aizstāvēja fizikas un matemātikas zinātņu kandidāta disertāciju «AFU-75 kameru ZMP fotouzņēmumu masveida matemātiskās apstrādes automatizācija un rezultātu precizitātes uzlabošana».

J. Balodis dzimis 1938. gadā. 1962. gadā viņš pabeidza LLA Zemes ierīcības fakultāti un no 1962. līdz 1966. gadam strādāja par inženieri ģeodēzistu zemes ierīkotāju Republikāniskajā zemes ierīcības projektēšanas institūtā. Parāleli ikdienas darbam, kas saistīts ar ilgiem komandējumiem pa visu republikas teritoriju, J. Balodis aktīvi interesējās par visu jauno mūsdienu ģeodēzijā un astronomijā.

Laika posms starp 1962. un 1966. gadu astronomijā un ģeodēzijā raksturīgs ar to, ka sākas intensīva ZMP izmantošana Zemes formas un izmēru precizēšanai, vienotas ģeodēziskās sistēmas izveidošanai — sākas kosmiskās jeb pavadoņu ģeodēzijas attīstība.

J. Baloža tieksme uz radošu zinātnisku darbību, uz jaunu problēmu risinājumiem pieaug, un 1966. gadā viņš pāriet darbā LVU Astronomiskās observatorijas Zemes mākslīgo pavadoņu optiskā dienesta laboratorijā. Isā laikā J. Balodis kļūst par augstas klases astronomu — ZMP novērotāju un veic atbildīgus uzdevumus ZMP novērošanā ārzemēs — Somālijā, Ēģiptes Arābu Republikā un Gvinejas Republikā. 1971. gadā J. Balodi uzņēma aspirantūrā, un LPSR Nopelniem bagātā zinātnes darbinieka, fizikas un matemātikas zinātņu doktora profesora K. Steina vadībā viņš sāk risināt problēmu par atbalsta zvaigžņu automatisku identifikāciju ar ESM palīdzību.

Problēmas būtība ir sekojoša — apstrādājot ZMP negatīvus, kas iegūti ar dažādu kameru palīdzību, kā arī citus astronegatīvus, tajos ir jāidentificē, t. i., jāsameklē noteikts skaits (no 10 līdz 20),



Jānis Balodis.

tā saucamo atbalsta zvaigžņu, kuru koordinātes ir fiksētas kādā no zvaigžņu katalogiem. Šis darbs parasti tika veikts tādā veidā, ka attiecīgais astrometrists vispirms aprēķināja aptuveni vietu pie debess sfēras, kurā atrodas uzņemtais apgabals, pēc izvēlēto zvaigžņu konfigurācijas sameklēja vajadzīgo vietu zvaigžņu kartē. Tālāk ar speciālām paletēm tika aptuveni noteiktas vajadzīgo zvaigžņu koordinātes, pēc kurām tad zvaigžņu katalogā šīs zvaigznes arī atrada un izrakstīja to precīzās koordinātes. Tādā veidā astrometrieti viena uzņēmuma identifikēšanai un sagatavošanai patērēja daudz nogurdinošu darba stundu.

Lai varētu šo darbu uzticēt ESM, vispirms magnētiskajā lentē tika ierakstīts pilns SAO-1950.0 zvaigžņu katalogs ar 259.000 zvaigznēm. Par katru zvaigzni ierakstīja 5 parametrus, tātad pavisam gandrīz pusotra miljona skaitļu. Taču kā lai «iemāca» elektronisko skaitļojamo mašīnu sameklēt starp daudziem tūkstošiem haotiski izvietotu zvaigžņu tieši tās 10—20 zvaigznes, kuras ir izvēlētas uz attiecīgā astronegativa? Trīs gadi aspirantūrā pagāja saspriņdzinātos meklējumos. J. Balo-

dis sekmīgi atrisināja uzstādīto problēmu, izveidojot trīs identifikācijas procesa algoritmus dažādiem sākuma nosacījumiem. Vēl vairāk, nospraustie uzdevumi tika pāršniegti, jo J. Balodis šajā laikā paspēja izveidot pat vienotu astronēgativu matemātiskās apstrādes kompleksu, apvienojot tajā 12 dažādu etapu programmas. Komplekss nekavējoties tika praktiski pielietots ZMP negativu apstrādē LVU Astronomiskajā observatorijā, un jau līdz disertācijas aizstāvēšanas dienai ar tā palīdzību bija apstrādāti daudzi simti astronēgativu. J. Baloža izveidotais automātiskās apstrādes komplekss samazināja darba laika patēriņu vairāk nekā 6 reizes, vienlaikus atbrīvojot kvalificētus astronomus no nogurdinošā un vienmuļā identifikācijas procesa.

Par šiem pētījumiem dzīvu interesi izrādīja arī citas PSRS astronomiskās un ģeodēziskās iestādes. Pulkovas observatorijas zinātniskās padomes locekļi un citu astronomisko iestāžu speciālisti augstu novērtēja J. Baloža paveikto darbu. Visi padomes locekļi vienprātīgi balsoja par fizikas un matemātikas zinātņu kandidāta grāda piešķiršanu J. Balodim.

J. Balodis turpina iesāktos pētījumus, kopā ar LVU Astronomiskās observatorijas zinātniskajiem līdzstrādniekiem attīstot tālāk un pilnveidojot izstrādātās metodes. Viņa personā LVU Astronomiskās observatorijas kolektīvs guvis vērtīgu speciālistu. Tajā pašā laikā J. Balodis parādījis, ka, lai gūtu panākumus astronomijā, nebūt nav jābūt «dzimušam» astronomam. Vajadzīga tikai mērķtiecība, pašaieliedzība, darba mīlestība un neatlaidība ceļā uz iecerēto mērķi.

*K. Lapuška*

## MĀRIS OGRĪŅŠ

Šī gada 27. februārī Leningradas Valsts universitātes Matemātikas un mehānikas fakultātes zinātniskās padomes sēdē disertāciju fizikas un matemātikas zinātņu kandidāta grāda iegūšanai aizstāvēja Rīgas Politehniskā institūta Fizikas katedras vecākais pasniedzējs Māris Ogrīņš. 1966. gadā beidzis LVU Fizikas un matemātikas fakultāti optikas un spektroskopijas specialitātē, viņš 1969. gadā iestājies aspirantūrā un LVU Astronomiskajā observatorijā profesora K. Šteina vadībā pievērsies specifiskai laika dienesta problēmai par zvaigžņu tranzītmomentu reģistrāciju.



Māris Ogrīņš.

Aspiranta M. Ogrīņa uzdevums bija radīt principiāli jaunu metodi un aparatūru zvaigžņu tranzītmomentu noteikšanai. Vispirms, balstoties uz moderno gadījumu izsitienu teoriju, tika radīts matemātiskais aparāts jaunajai novērošanas metodei. Pēc tam šo ieceri Mārim Ogrīņam pašam vajadzēja iemiesot taustāmā elektroniskā iekārtā. Par šo darbu viņi abi ar profesoru K. Šteinu saņēma autora apļiecības.

Aspirantam nācās apgūt augstā līmenī elektroniku, kā arī tīri praktiskas iemaņas dažādu materiālu apstrādē un montēšanā.

Jaunā iekārta jau vairākkārt bija gatava, bet Māris arvien vēl pārveidoja kādu mezglu. Pa to laiku radās iespēja pārbūvēt visu iekārtu uz pusvadītājiem, kas deva lielāku darba drošību nekā elektronu lampas. Aspirants no šīs iespējas neatteicās. Viņš apguva arī pusvadītāju mikroshēmu tehniku, radot jaunu, mazgabarīta iekārtas variantu.

Jaunās zvaigžņu tranzītmomentu noteikšanas metodes un iekārtas priekšrocības ir tās, ka tiek ņemti vērā statistiskie trokšņi, kas rodas, zvaigznes attēlam drebot un mirgojot, un daudzkārt samazinās skaitļošanas darbs novērojumu rezultātu apstrādē. Šī metode atvieglo arī novērošanas procesa automatizāciju.

1974. gada maijā Rīgā, Vissavienības konferencē par laika reģistrācijas un koordinātu noteikšanas automatizāciju Māris



Ogriņš demonstrēja savu iekārtu un guva atzinīgu vērtējumu. Konferences lēmumā tika ieteikts atbalstīt LVU AO darbību šajā virzienā. Pieprasīta arī iekārtas tehniskā dokumentācija, lai izlemtu jautājumu par tās rūpniecisku ražošanu.

Māris Ogriņš paveicis tiešām lielu un lietderīgu darbu, turklāt vienmēr un visu ļoti akurāti un precīzi. Steīga viņam ir sveša, vissasprindzinātākajās situācijās viņš spēja saglabāt pilnīgu mieru.

Liela izturība un spēja koncentrēties bija jāparāda izšķirošajā brīdī — disertācijas aizstāvēšanā Ļeņingradas universitātes zinātniskajā padomē. Soreiz šo procedūru sarežģīja tas, ka oponentojošā organizācija darbam bija devusi negatīvu atsauksmi. Tādā reizē, kad disertācijas darbs satur tik daudz jauna un oriģināla, kas skar pašu novērojumu metodikas būtību, šāda atsauksme varēja rasties gluži saprotamu iemeslu dēļ. Jaunais nereti lauž sev ceļu cīņā ar veco, iesīkstējušo, konservatīvo domāšanas veidu. Disertanta labi argumentētās atbildes un teicamā stāja atstāja dziļu iespaidu. Protams, ka ne jau tas vien izšķīra aizstāvēšanas pozitīvo rezultātu. Oficiālo oponentu (N. Pavlovs, V. Brandts), kā arī citu organizāciju atsauksmes bija ārkārtīgi labvēlīgas. To sekmēja arī fakts,

ka M. Ogriņa izveidotā iekārta ieviesta praksē un jau vairāk nekā pusgadu sevi sekmīgi attaisno LVU laika dienesta darbā. Visi runātāji, kas uzstājās padomes sēdē, vienprātīgi atzina to par vienu no vislielākajiem disertanta nopelniem. Tika atzīmēts, ka pie šādām problēmām ir strādāts arī citos laika dienestos, bet nevienam līdz šim vēl nebija izdevies nonākt līdz praktiskam pielietojumam. Tagad atrasta jauna, oriģināla metode, izstrādāta šīs metodes teorija, uzbūvēta iekārta, kas pārbaudīta praksē, analizējot novērojumu rezultātus samērā ilgā laika posmā. Šādas kvalitātes disertācija ir samērā reta parādība, kad viens cilvēks spējis paveikt tik liela apjoma darbu, kur bez visa pārējā nepieciešama arī liela erudīcija tādās tik dažādās nozarēs kā modernā matemātika, astronomija, optika un radioelektronika.

Nav šaubu, ka jaunais zinātnu kandidāts arī turpmāk paveiks daudz interesanta. To garantē viņa gaišais prāts, teicamā sagatavotība un vēlēšanās strādāt. No visas sirds novēlam Mārim Ogriņam tālākus panākumus.

*A. Ivanovs, P. Rozenbergs*

# ZVAIGŽNOTĀ DEBESS 1975. GADA RUDENĪ

## NENORIETOŠIE ZVAIGZNĀJI

1975. gada astronomiskais rudens sākas 23. septembrī pl. 18<sup>st</sup>55<sup>m</sup> pēc Maskavas laika. Saule šajā momentā atrodas rudens punktā Jaunavas zvaigznājā un pāriet no ziemeļu puslodes dienvidu puslodē. Diena un nakts rudens sākumā uz visas zemeslodes ir apmēram vienāda garuma. Rudens un ziemas mēnešos Saule atrodas dienvidu puslodē, tās deklinācija ir negatīva, un līdz pat pavasara sākumam ziemeļu puslodē dienas ir īsākas par naktīm. 22. decembrī pl. 14<sup>st</sup>46<sup>m</sup> Saule nonāk ziemas saulgriežu punktā. Ar šo brīdi beidzas astronomiskais rudens un sākas ziema.

Visplašāk pazīstamais zvaigznājs ziemeļu puslodē neapšaubāmi ir Lielais Lācis. Zvaigznājam raksturīgo kausam līdzīgo figūru, ko veido septiņas zvaigznes, katrs jau pazīst no bērnu dienām. Rudens vakaros tas redzams debess ziemeļu pusē diezgan augstu virs apvāršņa. Kausa rokturis vērsts uz rietumiem. Viss Lielā Lāča zvaigznājs ir daudz lielāks. Ar neapbruņotu aci tajā saskatāmas ap 125 zvaigznes.

Lielais Lācis ir ļoti vecs zvaigznājs.

«Kalipsa, raženā dieve, tam lika šo zvaigznāju spožo turēt arvienu pa kreisi, kad jūrā tas devās ar plostu,» rakstīja Homērs «Odisejā» pirms 3000 gadiem. Tas ir minēts arī bībeles Vecajā derībā Ijaba grāmatā apmēram ap to pašu laiku.

Sengrieķu teikas stāsta, ka Lielā Lāča zvaigznājs radies Zeva sievas Hēras greizsirdības dēļ. Tā pārvērtusi lāci Arkādijas valdnieka Likaona skaisto meitu Kalisto, kas savaldzinājusi Zevu, bet Zevs lāci uznesis debesīs, kur tas pārtapis skaistajā zvaigznājā.

Par Lāci zvaigznāju sauca ne tikai senie grieķi, bet arī senie romieši, irokēzi, dažas mongoļu ciltis. Latvieši un lietuvieši to biežāk sauc par Lielajiem Greizajiem Ratiem, vācieši — par Lielajiem Ratiem (Grosse Wagen), senie ķīnieši — par Ķeizara Ratiem jeb Labības Mēru. Senie ģermāņi Lielo Lāci dēvēja par Vodana Ratiem, bet Mazo Lāci atbilstoši



1. att. Lielā Lāča attēls ķīniešu akmens reljefā 147. g. pr. m. ē. Zvaigznājs attēlo ratus ar tajos sēdošo valdnieku.



2. att. Sena ķīniešu monēta ar Lielā Lāča kausu.

par Frīges Ratiem. Senie romieši 7 kausa zvaigznes mēdza saukt arī par Septiņiem Vēršiem, bet dažas Vidusāzijas tautas — par Septiņiem Brāļiem. Senie ķirgīzi redzēja šajā zvaigznājā garā pavadā piesietu zirgu, kas auļo ap Polārzvaigzni, bet senie arābi — gan zārku (kausa zvaigznes), kuram seko trīs raudošas sievietes (roktura zvaigznes), gan arī ratus ar zirgiem. Skandināvi to sauc arī par Suni, indiāņi — par Alni, grenlandieši — par Ziemeļbriedi.

Septiņām kausa zvaigznēm ir saglabājušies arābu nosaukumi:  $\alpha$  — Dubhe,  $\beta$  — Meraks,  $\gamma$  — Fekda,  $\sigma$  — Megrecs,  $\epsilon$  — Aliots,  $\xi$  — Micars,  $\eta$  — Akairs jeb Benetnašs.

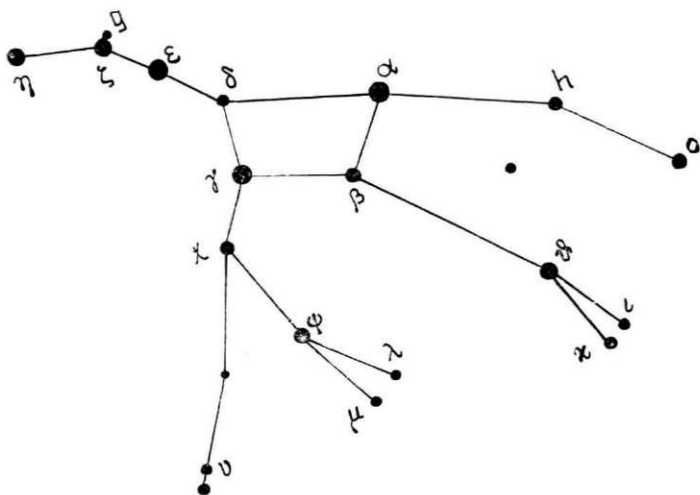
Visas kausa zvaigznes ir mums samērā tuvi kaimiņi — līdz tām ir

70—100 gaismas gadu. Nedaudz tālāk atrodas vienīgi Akairs. Lielā Lāča zvaigznājā ir arī viena no Saulei vistuvākajām zvaigznēm. Tā ir vāja, ar neapbruņotu aci nesaskatāma 7,5. zvaigžņu lieluma zvaigznīte — sarkanais punduris, kas atrodas zvaigznes  $\alpha$  tuvumā. Lalandā zvaigžņu katalogā tā apzīmēta ar numuru 21185. Līdz tai ir tikai 8,1 gaismas gads, un Saulei tuvāko zvaigžņu sarakstā tā ieņem 5. vietu.

Sešas kausa zvaigznes (izņemot  $\alpha$ ) ir zilganbaltas galvenās secības zvaigznes, kuru virsmas temperatūra divas, bet Akairam pat trīs reizes augstāka nekā Saulei.  $\alpha$  turpretī ir oranža milžu zvaigzne. Tās virsmas temperatūra ir 5000°.

Kausa roktura vidējās zvaigznes Micara (arābu valodā — zirgs) tuvumā novērotājs ar labu redzi saskatīs vāju 5. lieluma zvaigznīti. Tā ir Lielā Lāča g jeb Alkors (Jātnieks). Senie arābi ar tās palīdzību pārbaudīja jauniešu redzi, uzņemot viņus karavīru kārtā. Liekas, ka šīs zvaigznes atrodas ļoti tuvu viena otrai, tomēr tā tas nav — attālums starp tām ir ap 17 000 reižu lielāks nekā attālums no Zemes līdz Saulei. Alkors ir spektrāla dubultzvaigzne, bet Micars — pieckārtīga zvaigzne. Micars A ir 2,4. lieluma, bet Micars B — 4,0. lieluma zvaigzne. Tās var saskatīt nelielā teleskopā ar 20 kārtīgu palielinājumu. Micars A savukārt ir spektrāla dubultzvaigzne, bet B — trijkārša zvaigzne. Ugunīgais arābu zirgs Micars un tā jātnieks slēpj brīnišķīgu 7 sauļu sistēmu.

Arī  $\xi$  ir vairākkārtīga zvaigzne. Tās abas komponentes A un B ir Saulei līdzīgas 4,4. un 4,9. lieluma zvaigznes, kas ar 60 gadu periodu rotē ap kopīgo smaguma centru. Katra no tām savukārt ir spektrāla dubultzvaigzne. Komponentes A un B iespējams saskatīt atsevišķi tikai teleskopā ar 80 mm diametru un 75 kārtīgu palielinājumu. Līdz šai sistēmai ir 25 gaismas gadi.

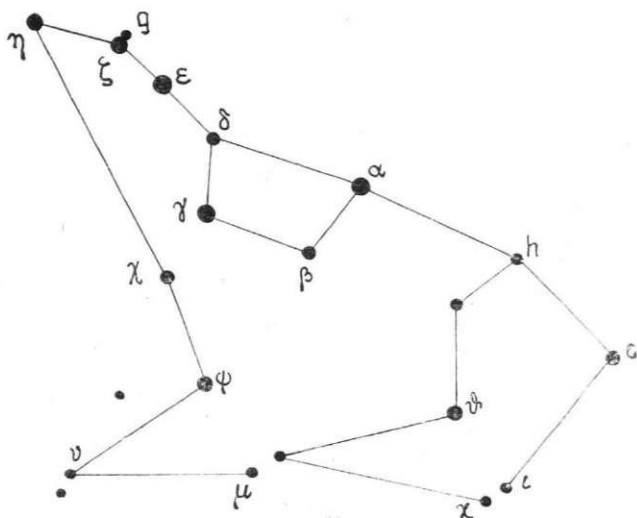


3. att. Parastais ģeometriskais Lielā Lāča spožāko zvaigžņu savienošanas paņēmieni. Kausa roktura trīs zvaigznes veido lāča neparasto garo asti. Vajadzīga bagātīga iztēle, lai šajā figūrā saskatītu lāci.

Lielā Lāča zvaigznājā ir vairākas samērā spožas galaktikas. Spožākā no tām ir spirāliskā galaktika M 81. Tās redzamais spožums ir 7,0, bet leņķiskie izmēri  $16 \times 10$  loka minūtes. Saskaņā ar 50 mm teleskopā ar 20 kārtīgu palielinājumu. M 81 kopā ar blakus esošo galaktiku M 82 veido dubultsistēmu, kas atrodas no mums 2300 parseku attālumā (1 parseks = 3,263 gaismas gadi). Apmēram ar tādu pašu teleskopu ir saskatāma arī spirāliskā galaktika M 101. Tās redzamais spožums ir 7,9, bet leņķiskie izmēri — 22 loka minūtes. Šīs galaktikas fotogrāfiju, kas iegūta ar Šmita teleskopu Baldonē, var redzēt uz «Zvaigžņotās debess» 1974./75. gada ziemas numura vāka 4. lpp.

Zinot Lielā Lāča atrašanās vietu, viegli sameklēt arī Polārzcvaigzni — Mazā Lāča spožāko zvaigzni. To ieraugām, savienojot Lielā Lāča  $\alpha$  un  $\beta$  ar iedomātu nogriezni un pagarinot to virzienā no  $\beta$  uz  $\alpha$  apmēram 5 reizes. Polārzcvaigzne atrodas nepilna grāda attālumā no pasaules ziemeļpola un tāpēc gandrīz nemaz nepārvietojas šķietamajā diennakts kustībā. Šī diezgan grūti pamanāmā zvaigznīte ir visai neparasta un pelna ievēribu ne tikai sava izcilā stāvokļa dēļ, ko tā ieņem pie debesīm.

1852. gadā vācu astronoms L. Zeidels konstatēja, ka Polārzcvaigzne maina savu spožumu. Pētījumi parādīja, ka tā ir tipiska cefeīda ar 3,97 dienu periodu un spožuma klases vienu desmitdaļu lielu spožuma maiņas amplitūdu. Bez tam Polārzcvaigzne ir vizuāla dubultzcvaigzne. Galvenā zvaigzne ir F spektra klases dzeltenais pārmilzis, kura diametrs ap 120 reizes lielāks par Saules diametru, bet virsmas temperatūra  $7000^{\circ}.8.9$ . lieluma pavadoņi, kas atrodas 18 loka sekunžu attālumā no galvenās zvaigznes, pirmais pamanīja ievērojamais angļu astronoms V. Heršels.



4. att. Amerikāņu astronoma H. Reja ieteiktais zvaigžņu savienojums. Līdzība ar lāci ir acīm redzama. Lācis ir pagriezies uz pretējo pusi — kausa roktura zvaigznes veido lāča galvu.

Tā ir nedaudz karstāka par galveno zvaigzni — dzeltenbalta galvenās secības zvaigznīte. Līdz šim vēl nav noskaidrots, vai abas zvaigznes veido fizikālu pāri, jo to apgriešanās periodam jābūt ļoti lielam. Ir zināms pamats domāt, ka Polārzvaigzne ir arī spektrāla dubultzvaigzne. Līdz tai ir apmēram 470 gaismas gadu.

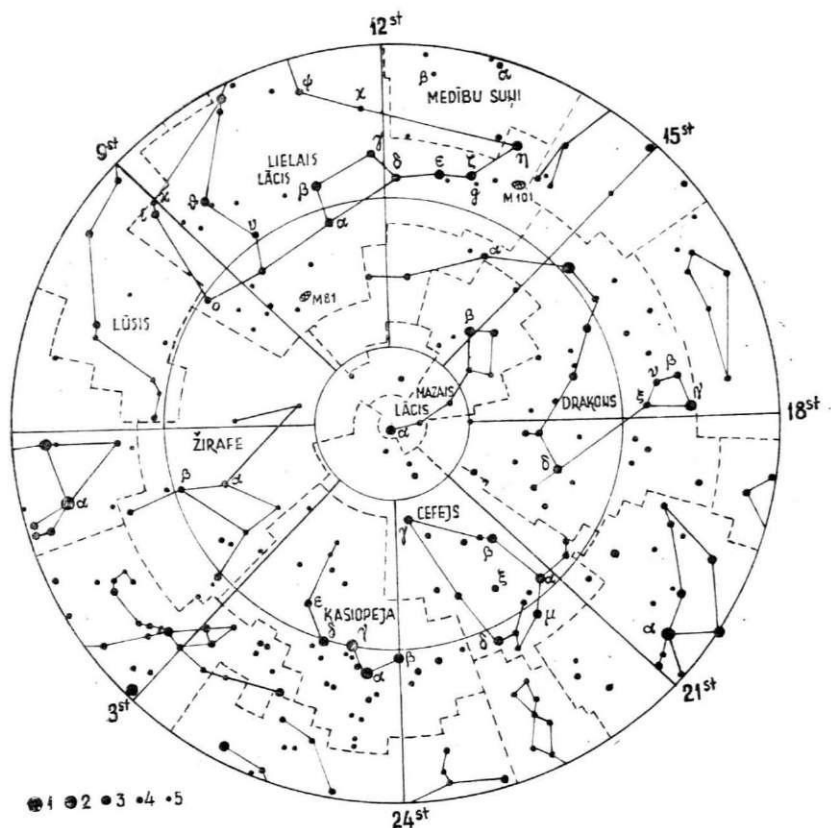
Polārzvaigznei ir arī otrs nosaukums — Kinosura, kas tulkojumā no grieķu valodas nozīmē suņa aste. Šis nosaukums saglabājies vēl no tiem laikiem, kad zvaigznāju sauca par Kalisto Sūni.

Mazā Lāča otra spožākā zvaigzne  $\beta$  ir viena no daudzajām Zemes polārzvaigznēm, gar kurām precesijas dēļ ceļo pasaules ziemēpols. Uz to norāda arī zvaigznes vārds — Kohabs, kas izveidojies no arābu Kohabel-Semali — Ziemeļu zvaigzne. Polārzvaigznes lomā Kohabs atkal nonāks pēc 26 000 gadiem.

Starp Lielā un Mazā Lāča zvaigznājiem vijas Pūka zvaigznājs. Sen grieķu teikas stāsta, ka tas sargājis zelta ābolus hesperīdu dārzā un nekad nav aizmidzis. Pūķi uzvarējis Herkules. Tas bijis viņa vienpadsmitais varoņdarbs, kamēr viņš kalpojis Euristejam. Tā kā Pūķis ir nenorietošs zvaigznājs, tad var teikt, ka viņš tiešām nekad neaizmieg.

Zvaigznāja spožākā zvaigzne  $\alpha$  jeb Tubans, parasta 3. lieluma zvaigznīte, pirms vairākiem tūkstošiem gadu arī bija polārzvaigzne un kļuvis par tādu vēlreiz pēc 22 000 gadu.

Sava vēsture ir arī zvaigznei  $\gamma$  Pūka galvā. Tā atrodas tuvu ekliptikas polam, tāpēc angļu zinātnieks R. Huks 1669. gadā to izvēlējās zvaigžņu paralakses noteikšanai, taču pozitīvu rezultātu neguva. 1725. gadā tādā pašā nolūkā to sāka novērot angļu astronoms Dž. Bredlijs un pēc dažiem



5. att. Nenoriētošie zvaigznāji un to tuvākā apkārtnē. Zvaigznāju spožākās zvaigznes savienotas pēc H. Reja ieteikuma. Dienvidi atrodas apakšā, ziemeļi — augšā.

gadiem atklāja jaunu fizikālu parādību — gaismas aberāciju, bet vēl pēc 20 gadiem — nutāciju.

Zvaigzne  $\nu$  Pūķa galvā ir optiska dubultzvaigzne. Binoklī tās vietā redzamas divas 5. lieluma zvaigznes, bet cilvēks ar asu redzi var saskatīt tās arī ar neapbruņotu aci.

Pie nenoriētošajiem zvaigznājiem pieder vēl divi zvēru zvaigznāji. Tie ir Žirafe un Lūsis. Atšķirībā no iepriekšējiem trim zvaigznājiem šie ir jauni zvaigznāji. Žirafe pirmo reizi parādījās 1624. gadā izdotajā Barčiusa zvaigžņu kartē. Tas bija lielo ģeogrāfisko atklājumu laiks, un jaunais zvaigznājs droši vien tika ieviests kā savdabīga nodeva Āfrikas zemju eksotikai. Žirafē nav nevienas zvaigznes, spožākas par 4. lielumu.

Lūsi debess kartē iezīmēja ievērojamais poļu astronoms J. Hevēlijs 1660. gadā. Pēc Hevēlija vārdiem, «šajā debess apgabalā sastopamas tikai vajas zvaigznes, un vajadzīgas lūša acis, lai tās saskatītu». Zvaigznājā ir divas zvaigznes, kas spožākas par 4. zvaigžņu lielumu.



Nenoriētoši zvaigznāji ir arī zvaigznēm bagātīe Cefejs un Kasiopeja, par kuriem pastāstīsim atsevišķā rakstā.

## PLANĒTAS

*Merkurs* rudens sākumā nav redzams, jo 9. oktobrī atrodas apakšējā konjunkcijā. 25. oktobrī tas nonāk vislielākajā rietumu elongācijā un apmēram līdz 11. novembrim redzams no rītiem kā 0 lieluma spīdeklis Jaunavas zvaigznājā. 28. novembrī tas nonāk augšējā konjunkcijā un līdz pat gada beigām vairs nav vērojams.

*Venēra* visu rudeni redzama kā Rīta zvaigzne. Līdz 3. novembrim tā pārvietojas pa Lauvas zvaigznāju, tad pāriet uz Jaunavas zvaigznāju, bet 13. decembrī uz Svaru zvaigznāju. 3. oktobrī tā sasniedz vislielāko spožumu—4,3. lielumu, bet 7. novembrī atrodas vislielākajā elongācijā.

*Marss* rudens sākumā redzams nakts otrajā pusē Vērša zvaigznājā, bet no 16. oktobra — Dviņu zvaigznājā. 6. novembrī tas nonāk stāvēšanā, bet 27. novembrī pāriet atpakaļ Vērša zvaigznājā. Tā redzamības laiks arvien palielinās, un decembrī tas redzams jau visu nakti, jo 15. decembrī atrodas opozīcijā. Marsa redzamais spožums opozīcijā —1,5.

*Jupiters* 13. oktobrī atrodas opozīcijā, tāpēc oktobrī un daļēji arī novembrī redzams visu nakti Zivju zvaigznājā. Tā redzamais spožums —2,5. Uz gada beigām redzamības laiks saīsinās un pārvietojas uz nakts otro pusi. 11. decembrī planēta pēc stāvēšanas sāk pārvietoties tiešā kustībā.

*Saturns* rudens sākumā redzams pēc konjunkcijas no rītiem Vēža zvaigznājā. Redzamais spožums 0,5. Planētas redzamības laiks pakāpeniski palielinās, un decembrī tā ir jau redzama gandrīz visu nakti, izņemot agrās vakara stundas. 15. novembrī Saturns nonāk stāvēšanā un sāk virzīties atpakaļ.

*Urāns*, sākot ar novembra beigām, saskatāms no rītiem Jaunavas zvaigznājā.

## MĒNESS

*Mēness fāzes rudenī:*

☾ (*pēdējais ceturksnis*)

28. septembrī	pl. 14 <sup>st</sup> 19 <sup>m</sup>
28. oktobrī	„ 1 08
26. novembrī	„ 9 53
25. decembrī	„ 17 53

● (*jauns Mēness*)

5. oktobrī	pl. 6 <sup>st</sup> 24 <sup>m</sup>
3. novembrī	„ 16 06
3. decembrī	„ 3 51

☾ (*pirmais ceturksnis*)

12. oktobrī	pl. 4 <sup>st</sup> 16 <sup>m</sup>
10. novembrī	„ 21 22
10. decembrī	„ 17 40

☾ (*pilns Mēness*)

20. oktobrī	pl. 8 <sup>st</sup> 06 <sup>m</sup>
19. novembrī	„ 1 29
18. decembrī	„ 17 40

*Pilns Mēness aptumsums 18.—19. novembrī* redzams Eiropā, Āzijā, Āfrikā, Atlantijas, Indijas un Ziemeļu Ledus okeānā un Klusā okeāna austrumu daļā. Aptumsuma sākums būs novērojams arī Ziemeļamerikas ziemeļu daļā, bet aptumsuma beigas visā Amerikā. Aptumsums redzams arī Latvijā.

Daļēja aptumsuma sākums	18. novembrī	pl. 23 <sup>st</sup> 38 <sup>m</sup> ,5
Pilna aptumsuma sākums	19. „	„ 1 02 ,5
Vislielākais fāzes moments	19. „	„ 1 23 ,4
Pilna aptumsuma beigas	19. „	„ 1 44 ,2
Daļēja aptumsuma beigas	19. „	„ 3 08 ,2
Vislielākā fāze 1,069.		

## INTENSIVĀKĀS METEORU PLŪSMAS RUDENĪ

*Drakonīdas* no 8. līdz 11. oktobrim, maksimums 9. oktobrī.

Plūsma ir saistīta ar Džakobini-Cinnera komētu. Tā ir izveidojusies nesen un aizņem nelielu apgabalu komētas tuvumā. 1933. un 1946. gadā tika novērots intensīvs Drakonīdu zvaigžņu lietus ar vairākiem simtiem meteoru minūtē. Zeme tad atradās apmēram 1 miljonu km attālumā no komētas. Pēdējos gados plūsma praktiski nav novērota. Tas tāpēc, ka lielo planētu iespaidā ir izmainījusies meteorītu mākoņu orbīta, un tie vairs nekrusto Zemes ceļu.

*Orionīdas* no 14. līdz 26. oktobrim, maksimums 21. oktobrī.

Šī plūsma, tāpat kā maijā novērojamā plūsma  $\gamma$  Akvarīdas, ir saistīta ar Halleja komētu. Minimālā attālumā no komētas orbītas Zeme atrodas 21.—22. oktobrī. Tad arī ir novērojams Orionīdu plūsmas maksimums.

*Leonīdas* no 3. līdz 21. novembrim, maksimums 16. novembrī.

Plūsma ir saistīta ar Tempela-Tutla komētu, ir ļoti veca un bieži ir devusi spēcīgu zvaigžņu lietu. Senajās hronikās Leonīdu zvaigžņu lietus ir atzīmēts jau 1768. gadā pirms mūsu ēras. Īslaicīgs intensīvs zvaigžņu lietus tika novērots arī 1966. gadā Amerikā un Arktikā, ar apmēram 140 000 meteoru stundā. Nākamais Leonīdu zvaigžņu lietus sagaidāms 1999. gadā, jo meteoru mākoņa apgriešanās laiks ap Sauli ir 33 gadi. Pārējos gados Leonīdas ir visai nabadzīgas.

*Geminīdas* no 1. līdz 17. decembrim, maksimums 14. decembrī.

Geminīdu meteora plūsmas izcelsme nav zināma. Tās orbītas lielā pusās ir 1,4 a. v., ekscentricitāte 0,9, bet orbītas plaknes slīpums pret ekliptikas plakni 23°. Mums nav zināma neviena komēta ar tik mazu orbītu. Tas arī nav brīnums — tik tuvu Saulei komētas strauji iztvaiko un nevar pastāvēt ilgāk par dažiem gadiem.

Ā. Alksne

## Kļūdas labojums

«Zvaigžņotās debess» 1975. gada vasaras izlaidumā uz vāka 4. lpp. redzams tukumnieka Sergeja Bohanova izgatavotais K a s e g r ē n a sistēmas teleskops.



Pīrss Bols  
(1865—1921)

LATVIJAS UNIVERSITĀTES BIBLIOTĒKA



0510047174

ЗВЕЗДНОЕ НЕБО. ОСЕНЬ 1975 ГОДА

Издательство «Зинатне», Рига 1975. На латышском языке.

ZVAIGZNOTĀ DEBESS, 1975. GADA RUDENS

Redaktore *I. Ambaine*. Māksl. redaktors *V. Zirdziņš*. Tehn. redaktore *V. Kalve*. Korektore *M. Tirzīte*. Nodota salikšanai 1975. g. 27. maijā. Parakstīta iespiešanai 1975. g. 9. septembrī. Tipogrāfijas papīrs Nr. 1, formāts 70×90/16. 3,75 fiz. iespiedl.; 4,39 uzsk. iespiedl.; 4,80 izdevn. l. Metiens 2400 eks. JT 02170. Maksā 14 kap. Izdevniecība «Zinātne» Rīgā, Turģeneva ielā 19. Iespiesta Latvijas PSR Ministru Padomes Valsts izdevniecību, poligrāfijas un grāmatu tirdzniecības lietu komitejas Rīgas Veidlapu tipogrāfijā Rīgā, Gorkija ielā 6. Pasūt. Nr. 1717.

