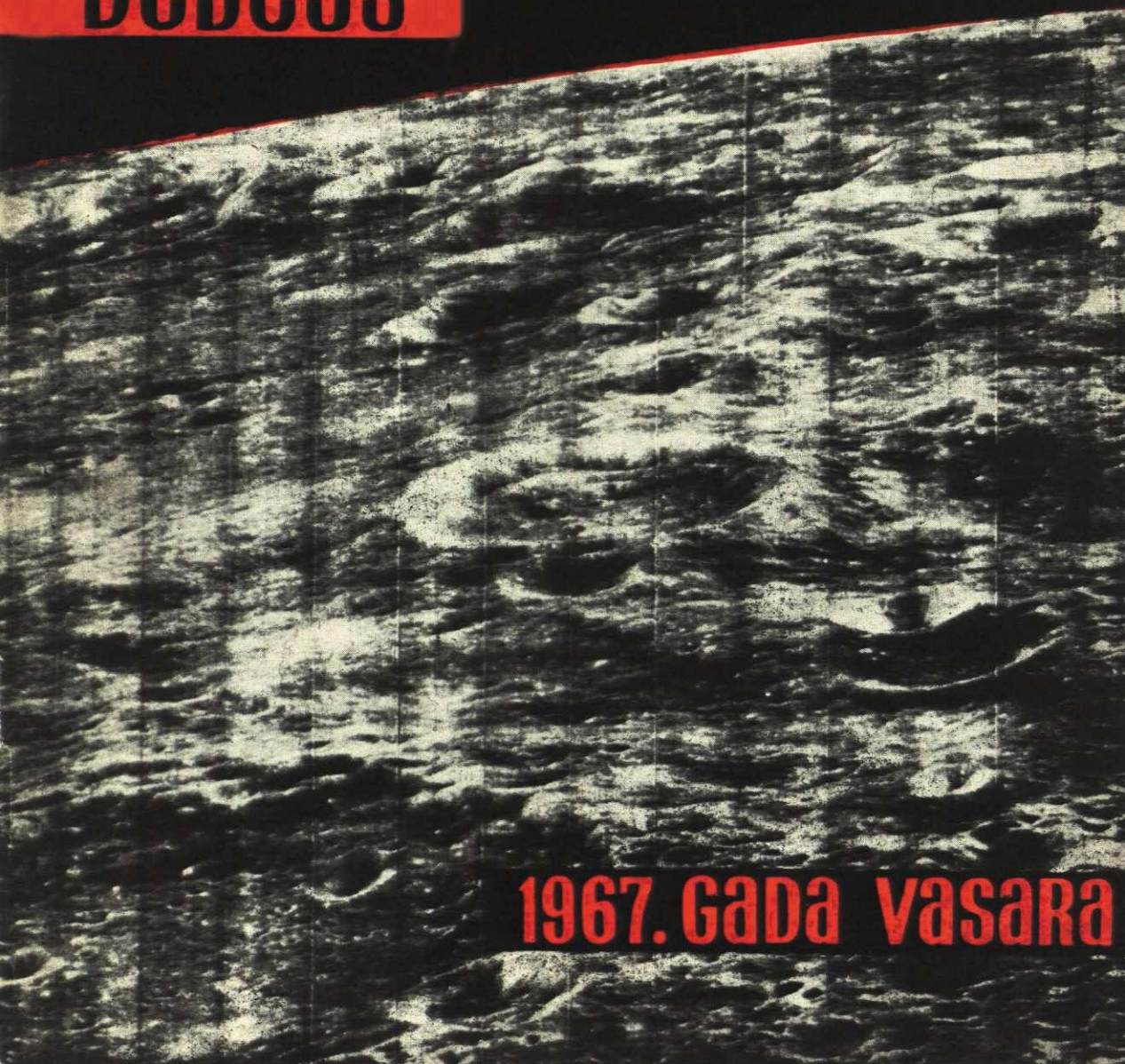


Zvaigžņota

DEBESS



1967. Gada Vasara

Uz vāka 1. un 4. lappuses. Mēness virsmas un Zemes atlēls, kas iegūts ar amerikāņu mākslīgo pavadoni «Lunar Orbiter-1» 1966. gada 23. augustā, kad tas atradās 1197 km virs Mēness. Mēness un Zemes diametri, fotografējot no «Lunar Orbiter-1», tajā brīdī bija attiecīgi 72°,6 un 1°,9. Attēlā dotā Mēness virsma atrodas Mēness neredzamajā pusē aiz Krīžu jūras. Laukums 600 km × 600 km. Mēness rādiuss — 1738 km.

Kaut gan attēlā mūsu planētas redzamo daļu sedza mākoņi, tomēr speciālisti spēja saskatīt daļu ASV teritorijas (augšā pa kreisi), Dienvideiropu (pa labi) un Antarktīdu (sīrpa apakšējā daļā). Dienvidāfrikas Republikas galvaspilsēta Johanesburga atrodas gandrīz pašā diska centrā.

1967. GADA VASARA

LATVIJAS PSR ZINĀTŅU AKADEMIJAS
ASTROFIZIKAS LABORATORIJAS
POPULĀRZINĀTNISKS GADALAIKU IZDEVUMS

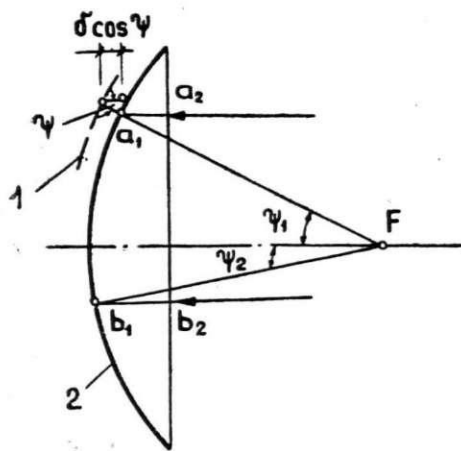
E. BERVALDS

Par dažiem antenu projektēšanas jautājumiem

Sakarā ar pēdējo gadu desmitu sasniegumiem rodas jautājums — vai vēl kaut kas būtu atklājams antenu tehnikā? Patiešām, ar to darbību saistītie fizikas likumi zināmi sen, arī antenu teorētiskie pamati izstrādāti jau 30. gados, bet 40. un 50. gadi raksturojas ar intensīviem atstarotāju antenu eksperimentāliem pētījumiem.

Tomēr prakse rāda, ka antenu tehnikas attīstība ir pietiekoši dinamiska, tāpēc jauno ideju uzplūdamam pēdējos gados nebūt nav gadījuma raksturs. Tas pilnīgi attiecināms arī uz vienu no antenu tehnikas galvenajiem komponentiem — pašu antenu. Lai arī kādam nolūkam tā tiktu izmantota, — radioastronomijā, zemes vai kosmiskajiem sakariem, vai arī radio- lokācijā, — tās uzdevums ir viens — pārraidīt vai uztvert nepieciešamo informāciju. Protams, jo vājāku, t. i., tālāka informācijas avota signālu antena spējīga uztvert vai spēcīgāku signālu noraidīt, jo tā ir efektīvāka. Tieši tādēļ svarīga nozīme no visdažādākajiem antenu tipiem ir tā sauktajām spoguļantēm jeb reflektoriem, kurus raksturo augsts signālu pastiprināšanas un virziendarbības koeficients. Nereti izveido pilnīgi virzāmas spoguļantenas, kas spēj sekot jebkuram virshorizonta objektam. Lai gan droši var teikt, ka šādu pilnīgi virzāmu spoguļantenu projektēšana vēl nav pārvarējusi eksperimentu un meklējumu stadiju, visā pasaulē var jau saskaitīt vairāk nekā simts liela izmēra reflektoru ar diametru no 15 līdz pat 76 metriem. Šie reflektori darbojas metru, decimetru un centimetru viļņu diapazonā. Tomēr gan radioastronomijai, gan sakaru tehnikai tagad ir nepieciešami tādi pilnveidoti reflektori, kuri varētu darboties ne tikai milimetru, bet milimetru desmitdaļu un pat simtdaļu viļņu diapazonā. Ne mazāk svarīgi turpināt arvien lielāka izmēra pilnīgi virzāmu spoguļantenu apgušanu. Šī problēma šodien jāatrisina antenu konstruktoriem. Pirms uz šodienas sasniegumu un, protams, arī kļūdu bāzes apskatām šīs problēmas risinājuma virzienus, atcerēsimies dažas pavisam elementāras, bet šajā gadījumā ļoti nepieciešamas patiesības.

Zinātnes un tehnikas pasaule ir dabas likumu izpratnes un pielietošanas pasaule. Kādā laika periodā mēs varam visu iedalīt iespējamā un ne-



1. att. Paraboliska atstarotāja virsmas shēma:
1 — paraboliskās virsmas deformētā daļa;
2 — ideālā paraboliskās virsmas daļa.

iespējamā — dažas lietas ir iespējamā, citas atrodas ārpus iespējamības robežām. Bieži vien, apspriežot projektus «vispārējos vilcienos», aizmirst, ka dažas lietas nav iespējamā, bet citas iespējamā un lētas, turpretī vēl citas — iespējamā un dārgas.

Spoguļantenu izveidošanas process sadalāms divos galvenajos inženiertehniskajos uzdevumos: vispirms, lai nodrošinātu sinfāzu starojumu izvēlēta izmēra apertūrā atkarībā no uztveramā viļņa garuma, nepieciešams izveidot pietiekoši precīzu spoguļantenu

$$a_1, a_2 + a_1, F = b_1, b_2 + b_1, F$$

izveidojošo virsmu un, otrkārt, saglabāt šo sinfāzu starojumu spoguļantenu ekspluatācijas laikā. Kā zināms, ja uz rotācijas paraboloida virsmu krīt rotācijas asij paralēlu staru kūlis, tad no virsmas atstarotie stari krustojas vienā punktā — paraboloida fokusā. Lai koncentrētu maksimālu uztvertās enerģijas daudzumu, ar to vien ir par maz — nepieciešams visus atstarotos starus nogādāt šajā punktā vienā fāzē, tātad jāpanāk, lai starojums būtu sinfāzs. To savukārt var izdarīt, liekot visiem stariem noiet vienādu ceļa garumu. Teorētiski rotācijas paraboloidā tas tā arī notiek (1. att.).

Lai šos teorētiskos principus pieļaujamās atkāpes robežās realizētu praksē, pastāv šie divi iepriekš minētie inženiertehniskie uzdevumi. To risināšanas paņēmieni ir dažādi. Atstarojošās virsmas izgatavošanas precizitāti nosaka tā sauktās tehnoloģiskās kļūdas (izgatavošanas precizitāte, mērījumu un uzstādīšanas precizitāte u. c.). Šīs kļūdas var novērst ar tīri tehnoloģiskiem paņēmieniem, kas atbilst konkrētai antenas konstruktīvajai shēmai. Mūsdienu tehnika šā jautājuma risināšanā guvusi lielus sasniegumus, pazeminot maksimālo tehnoloģisko kļūdu līdz dažām milimetra desmitdaļām. Turpretī sinfāzu starojuma saglabāšana ekspluatācijas laikā, ko tagad galvenokārt reducē uz atstarojošās virsmas un tās nesošās konstrukcijas elastīgo vai atsevišķos gadījumos arī paliekošo deformāciju ierobežošanu, ir un paliek vēl arvien grūti risināma problēma.

Spoguļantenu, tāpat kā jebkuru nesošo konstrukciju, aprēķina pēc robežvērtību metodes, t. i., aprēķinā pieņem tādas noteicošo parametru vērtības, kuras pārsniedzot konstrukcija vairs nav lietojama. Metālkonstrukciju aprēķinos ievēro divus nosacījumus:

- 1) to nestspējas robežvērtību;
- 2) to deformācijas robežvērtību.

Dotajā gadījumā, ierobežojot spoguļa atstarojošās virsmas deformāciju, vispirms jāievēro otrais nosacījums. Pieļaujamās sinfāzā starojuma novirzes parasti ierobežo $\pm \frac{\pi}{4}$, no tā teorētiski izriet, ka pieļaujamā maksimālā kļūda parabolas centrā nepārsniedz $\frac{1}{8}$ no minimāla darba viļņa garuma.

Garfokusa paraboliskam reflektoram ar apertūras atvēruma leņķi 147° (šāda antena PT-30 ar diametru 30 m paredzēta interferometra sistēmā Latvijas PSR ZA Astrofizikas laboratorijā) maksimālā pieļaujamā kļūda parabolas centrā ir $\frac{1}{16}$, bet tās malās $\frac{1}{10}$ no viļņa garuma. No tā izriet, ka, izmantojot šādu antenu decimetru viļņu diapazonā, maksimālā kļūda nedrīkst pārsniegt 6,3 mm parabolas centrā un 9,7 mm tās malās. Darbam centimetru viļņos ($\lambda_{\min} = 1$ cm) šie ierobežojumi vēl pastiprināsies un būs attiecīgi 0,6 un 1,0 mm, bet darbam milimetru viļņos ($\lambda_{\min} = 0,1$ cm) 0,06 un 0,1 mm.

Līdzīgi nosacījumi atkarībā no uztveramo viļņu diapazona un konkrētā gadījumā nepieciešamā antenas efektīvā laukuma attiecināmi uz jebkuru spoguļantenu.

Salīdzinājumam ņemsim iepriekš minēto antenu PT-30 un aplūkosim, kādas prasības tai tiek uzstādītas kā parastam inženierdarinājumam pēc otrās robežvērtības, vadoties no minētajiem radiotehniskajiem nosacījumiem. Ja ar zināmu tuvinājumu pieņemam, ka gadījumā, ja spoguļa fokālā ass vērsta pret zenitu, tās nesošās radiālās kopnes darbojas kā divbalstu konsolsijas (attālums starp balstiem $l_1 = 8,0$ m, konsoļu laidums $l_2 = 11,0$ m), tad to maksimāli pieļaujamās deformācijas, attiecinātas pret laidumu, ir $1,28 \cdot 10^{-3} l_1$ un $1,07 \cdot 10^{-3} l_2$ decimetru viļņu diapazonam; $1,28 \cdot 10^{-4} l_1$ un $1,07 \cdot 10^{-4} l_2$ centimetru viļņu diapazonam un $1,28 \cdot 10^{-5} l_1$ un $1,07 \cdot 10^{-5} l_2$ milimetru viļņu diapazonam.

Turpreti parasto celtniecības konstrukciju (ēku pārsegumu, tiltu laidumu, ceļņu siju u. c.) liektajos elementos pieļaujamās attiecinātās deformācijas svārstās robežās no $0,2 \cdot 10^{-3} l$ līdz $0,75 \cdot 10^{-3} l$. Tādas ir skaitļu valodā izteiktās paaugstinātās stingrības prasības, kādas uzstāda spoguļantenu nesošajām konstrukcijām. Ja vidēja izmēra antenām tās paaugstinās no dažām reizēm līdz vairākiem desmitiem un simt reizēm (dotā piemērā vidēji no 2,5 līdz 250 reizēm), tad acīmredzot liela un ļoti liela izmēra antenās ($D \geq 60 \div 100$ m) tās būs daudz augstākas. Bez tam pilnīgi virzāmo spoguļantenu nesošās konstrukcijas darbojas daudz sarežģītākos sloģojuma apstākļos nekā vairums pārējo inženierkonstrukciju. Tām jāuzņem pēc lieluma un virziena visdažādākās kombinācijās virkne galveno un papildu statisko un dinamisko slodžu (vēja, pašsvara, sniega, inerces spēku slodzes, temperatūras maiņas u. c.).

Dabiski rodas jautājums, vai, lietojot būvmehānikas metodes, ir iespējams apmierināt šīs prasības? Prakse apstiprinājusi, ka zināmā mērā ir iespējams. Lietojot parastos efektīvos paņēmienus deformāciju ierobežošanai, tādus kā konstrukcijas augstuma palielināšanu, efektīvu elementu šķērsgrīzumu ieviešanu, augstvērtīgu tēraudu lietošanu, visbeidzot, pilnveidojot spoguļa balsta shēmu un tā telpiskā darba modeli, tagad izdevies sasniegt minimālo virsmas deformāciju attiecībā pret diametru (kādā ASV radioreleju līnijas stacijā šī attiecība 37 metru paraboloidam ir $0,5 \cdot 10^{-4}$, kas acimredzot ir tuva iespējamai robežai).

Pastāv vēl viens virziens spoguļantenu projektēšanā. Tas ir saistīts ar antenu novietošanu speciālos kupolos, kas pasargā tās no visu klimatoloģisko slodžu iedarbības. Tomēr šodien šāda kupola izmaksa aptuveni pielīdzināma pašas antenas vērtībai, un jautājums par šādu kupolu lietošanas efektivitāti ir diskutējams.

Cenšanās sasniegt arvien lielāku spoguļantenu precizitāti tikai ar iepriekš minēto metožu palīdzību stipri sadārdzina spoguļantenu izmaksu. Tas ir viens no sliktākajiem šo antenu rādītājiem. 1 m^2 efektīvā laukuma pietiekoši zema izmaksa acimredzot ir viens no galvenajiem rādītājiem, kas nosaka dotā projekta īstenošanas iespējas.

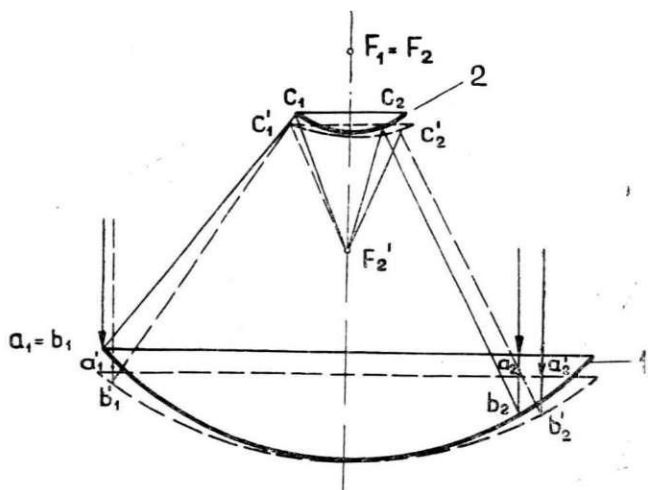
Protams, šodien vairs nedrīkstam samierināties ar šādu disproporciju. Līdz šim, lai iegūtu it kā noteikti nepieciešamo spoguļa stingrību, mēs desmit un simtreiz nevajadzīgi palielinām tā stiprību, praktiski pāriedamī no šo konstrukciju aplēses pēc divām robežvērtību metodēm uz vienu. Tāpēc nav nejaušība, ka pēdējā laikā parādās priekšlikumi, kuru realizēšana dotu iespēju izstrādāt principiāli jaunu pieeju spoguļantenu projektēšanai.

Tātad, kā apgūt arvien lielāka izmēra īsvilņu spoguļantenas, vienlaicīgi palētinot to izgatavošanas izmaksas? Varbūt pārāk necensties samazināt konstrukciju elastīgās deformācijas, bet atrast iespējas tās tiešā vai netiešā ceļā kompensēt. Šī atziņa nav jauna. Daudzās mūsdienu spoguļantenas lieto regulējamu atstarojošu virsmu, ar kuras palīdzību ar regulēšanas ierīci var kompensēt virsmas nesošo konstrukciju deformācijas.

Parasti tehnoloģisku apsvērumu dēļ, gan arī tāpēc, lai kompensētu tieši konstrukciju pašvara izraisītās maksimālās deformācijas, izvēlas stāvokli, kad spoguļa fokālā ass vērsta pret zenītu. Pašu atstarojošo virsmu projektē vai nu no atsevišķiem regulējamiem paneļiem, vai arī kā nepārtrauktu segumu, kam ar regulējošo skrūvju palīdzību vēlāk izveido nepieciešamo virsmas formu. Protams, šī metode neļauj vienlaicīgi kompensēt radušās deformācijas citos antenas stāvokļos, kā arī deformācijas no pārējām galvenajām un papildu slodzēm.

Sakarā ar tādu uztvērēju plašu pielietošanu, kurus raksturo zems paštrokšņu līmenis, kā radioastronomijā, tā sakaru tehnikā pēdējā laikā ienāk vairākspoguļu antenu sistēmas. Līdz ar to rodas iespēja domāt par gal-

2. att. Galvenā spoguļa elastīgo deformāciju kompensēšana piespiedu ceļā, deformējot otro spoguļi.



$$\text{ja } a_1 c_1 F_2' = a_2 b_2 c_2 F_2', \text{ tad } a'_1 b'_1 c'_1 F_2' = a'_2 b'_2 c'_2 F_2'$$

venā spoguļa deformāciju kompensēšanu, piespiedu ceļā deformējot otro vai pat trešo spoguļi (2. att.). Arī attiecībā uz šo metodi svarīgākais uzdevums — noteikt galvenā spoguļa deformāciju lielumu un raksturu, lai pēc tam programmētu otrā vai trešā spoguļa piespiedu deformācijas. Var arī vienā tehnoloģiskā procesā apvienot faktisko deformāciju indicēšanu, apgādājot ar komandām kontrreflektoru deformējošos pievadus.

Neapšaubāmi, efektīvāks ir otrais paņēmieni jeb autofāzēšana pēc noslēgtās darbības shēmas. Ne tikai tāpēc, ka autofāzēšana pēc programmētas darbības shēmas nav lietojama vieglas konstrukcijas antenās, jo tās ir jutīgākas pret vēja dinamisko iedarbību, bet arī tāpēc, ka spoguļantenu atstarojošo virsmu deformāciju aprēķinu metodika vēl ir saistīta ar daudziem pieņēmumiem, kuri samazina rezultāta precizitāti. Bez tam šis process ir ļoti darbietilpīgs. Attiecībā uz deformāciju noteikšanu praktiski vai eksperimentāli jāatzīmē, ka precīzākas ir optiskās un radiotehniskās metodes. Tās izmanto arī autofāzēšanā ar noslēgtu darbības ciklu.

Pirmie teorētiskie apsvērumi un eksperimentālie pētījumi liek secināt, ka pat pašas vienkāršākās autofāzēšanas shēmas pieļauj spoguļa atstarojošās virsmas maksimālo kļūdu no viena līdz diviem viļņa garumiem. Izsakot maksimālo kļūdu attiecinātās deformācijās antenai PT-30, tā būs $0,04 \cdot 10^{-3} l_1$, $0,06 \cdot 10^{-3} l_2$ decimetru viļņu diapazonam un $0,40 \cdot 10^{-3} l_1$ un $0,55 \cdot 10^{-3} l_2$ centimetru viļņu diapazonam.

Elektrogalvaniskā ceļā uzklāts 10^{-3} mm biezs zelta segums uz sudraba pamata; mehāniski apstrādāts epoksīda sveķu segums ± 3 mm; viļņota alumīnija loksne ± 30 mm; alumīnija loksne ± 1 mm

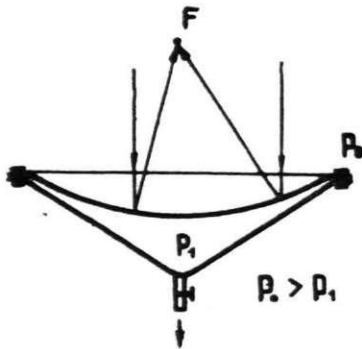


3. att. Augstas precizitātes paraboliskā atstarotāja virsmas elements.

Tādā veidā mums principā izdevies pazemināt pilnīgi virzāmo spoguļantenu konstrukciju stingrības prasības (sevišķi decimetru un centimetru viļņu diapazonā) atbilstoši tām, kādas uzstāda parastām celtniecības konstrukcijām. Tas nozīmē, ka pietiek izgatavot pietiekoši stipras, bet ne sevišķi stingras (tātad ne sarežģītas un dārgas) spoguļantenas, kuru atstarojošā virsma un tās nesošās konstrukcijas darbojošos slodžu ietekmē vienmērīgi deformējas kā radiālos, tā riņķveida šķēļumos pēc noteikta likuma. Deformāciju maksimālās vērtības nedrīkst pārsniegt iepriekš minētās robežas.

Visi apsvērumi liecina, ka minētā vai cita līdzīga metode palīdzēs brīvi grozāmu spoguļantenu konstruktoriem apgūt aizvien īsāku viļņu diapazonus un stipri samazināt centimetru un decimetru viļņu diapazona antenu izmaksu. Tomēr tūlīt noskaidrosim šīs metodes pielietojšanas iespējas. Acīmredzot tā nevar kompensēt virsmas izgatavošanas tehnoloģiskās kļūdas, kuru izvietojumam un vērtībai ir gadījuma raksturs. Pat pieņemot, ka, lietojot minēto metodi, pilnībā izdevies kompensēt konstrukciju elastīgās deformācijas, mums jāatzīst, ka tādā gadījumā mēs iegūtu brīvi grozāmas liela izmēra spoguļantenas, kas piemērotas darbam tikai $\lambda \geq 2 \div 5$ mm viļņu garumā ar pietiekoši augstu virsmas izmantošanas koeficientu.

Protams, jau tagad ir izgatavotas neliela izmēra spoguļantenas ar ļoti augstu virsmas precizitāti, kas domātas darbam milimetru un īsāku viļņu diapazonā. ASV, izvirpojot speciālu lēmumu, izgatavots 4,6 m paraboloids ar virsmas precizitāti $\Delta_{\text{mak}} \leq (0,063 \div 0,08)$ mm. Pēdējā laikā ideālu atstarojošo virsmu iegūšanai izmanto ne tikai sintētiskos materiālus, bet pat zeltu. Interesanti veidota ir atstarojošā virsma 4,9 m reflektoram Teksasas universitātē (ASV). Reflektora virsmas augsto precizitāti raksturo maza vidējā kvadrātiskā kļūda — 0,1 mm (3. att.). Spoguļantenu precizitāti nosaka lietoto mērīšanas un apstrādes metožu precizitāte. Praksē spoguļantenu virsmas precizitāti cenšamies nodrošināt, virsmu mehāniski apstrādājot pēc attiecīga šablona. Bet arī šā jautājuma risināšanā varētu meklēt pilnīgi jaunus ceļus. Kā zināms, šķidrums, kas atrodas rotējošā traukā, veido stingri parabolisku virsmu. Protams, ir virkne papildu faktoru, kas ietekmē tās precizitāti (šķidruma viendabī-



4. att. Zemspiediena pneimatiskā reflektora shēma.

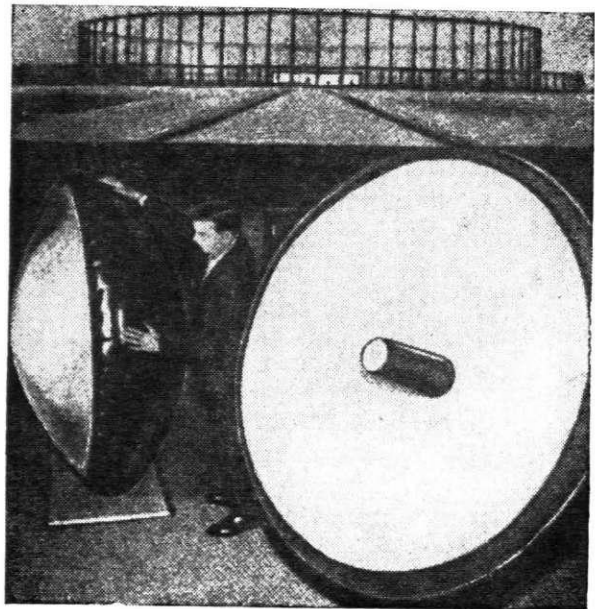
abpus šai virsmai. Uz šo metodi pamatojas tā saukto pneimatisko antenu izveidošana. Piemēram, ja piltuves virspusi blīvi noslēdz ar elastīgu materiālu, tad, atsūknējot no piltuves gaisu, šis materiāls veido virsmu, kas tuva sfēriskam segmentam. Pie kam, jo virsmas izliekums ir mazāks (ja spiediena starpība abpus tai ir mazāka), jo virsmas forma vairāk tuvojās rotācijas paraboloidam. 4. attēlā shematiski attēlots zemspiediena reflektors, kam par atstarojošo virsmu varētu izmantot no vienas puses metalizētu polietilēntereftalāta plēvi apmēram 13,5 μ biezumā. Tāpat kā šajos zemspiediena reflektoros, līdzīgs process vērojams arī tā sauktajos pārspiediena reflektoros (5. att.). Šos reflektorus sevišķi izdevīgi izmantot ar tā saucamo Kasegrēna apstarošanas sistēmu.

Nevar neminēt vēl vienu apstākli, kas prasa jau šodien nopietni ķerties pie pneimatisko antenu konstrukciju izpēti. Acīmredzot nav šaubu, ka agrāk vai vēlāk arī radioastronomija izies ārpus zemes atmosfēras robežām, nerunājot nemaz par to, ka sakaru tehnika to jau ir izdarījusi. Tomēr kosmiskajā telpā antenu konstrukciju slo-

5. att. Pneimatiskais pārspiediena reflektors.

gums, rotācijas ātruma stabilitāte u. c.), tomēr prakse rāda, ka tos, lai iegūtu pietiekoši ideālu virsmu, iespējams uzturēt nepieciešamās robežās. Kā materiālu parasti izmanto atšķaidītus sintētiskos sveķus, kuriem piemaisīti attiecīgi cietinātāji. Nevēlamo sintētiskā materiāla īpašību — tilpuma samazināšanos cietēšanas procesā — var novērst, papildus lietojot divus dažādus šķidrumus, kas centrālās spēka ietekmē novietojas sintētiskā materiāla abās pusēs, izveidojot it kā ievaidņus ar ideālām virsmām.

Vēl interesantāka un daudzsoļāka ir otra metode, kad atstarojošās virsmas veidošanai izmanto gaisa spiediena starpību



gojuma shēma būs stipri atšķirīga no šīs shēmas atbilstoši zemes apstākļiem. Galvenā slodze kosmiskajā telpā acimredzot būs inerces spēki. Tātad antenas svars jāsamazina ne tikai tāpēc, lai atvieglotu tās pacelšanu no zemes, bet arī lai samazinātu ekspluatācijas slodzes. Pneimatisķās konstrukcijas šajā gadījumā var izrādīties ļoti efektīvas sava viegluma un nelielā apjoma dēļ. Starp citu, jau šodien pneimatisķie lodveida atstarotāji — zemes pavadoņi — tiek izmantoti kā pasīvie retranslatori kosmisko sakaru sistēmās.

Neapšaubāmi, mēs gribam izveidot brīvi grozāmas spoguļantenas, kam būtu arvien lielāka izšķiršanas spēja un kuras varētu izmantot, strādājot arvien īsākos darba viļņu garumos. Atbildot uz jautājumu «ko varam?» inženieris konstruktors šodien nedrīkst vadīties vairs tikai no tīri inženiertehniska azarta vien — par katru cenu sasniegt augstākus projektējamās antenas tehniskos rādītājus. Mūsdienās spoguļantena nav vienīgi unikāla inženierbūve, jo tā ir paredzēta zinātniski pētnieciskajam darbam. Jāpiezīmē, ka bez zinātniski tehniskajiem rādītājiem svarīga nozīme ir tās izmaksām. Pārāk jauna ir spoguļantenu projektēšanas nozare, tāpēc pārāgri nedrīkstam kļūt konservatīvi tajā. Jāmeklē jauni ceļi, jauni efektīvi paņēmieni visu to rādītāju uzlabošanai, nebaidoties konstruēšanas sfērā izmantot automātiku un arī citas tehnikas nozares.

A. BALKLAVS

Radio vai rentgena galaktikas?

Pavisam nesen «Zvaigžņotās debess» lasītāji tika iepazīstināti ar jaunu astronomijas nozari — ar rentgenstaru astronomiju¹, kas, balstoties uz raķešu būves sasniegumu pavērtajām iespējām veikt novērojumus ārpus atmosfēras robežām, sper savus pirmos soļus. Taču sakarā ar novērošanas metožu un tehnikas pilnveidošanu pēdējā laikā šī jaunā astronomijas nozare ir guvusi izcilus panākumus un nostādījusi astrofiziķus pilnīgi negaidītu un neparastu problēmu priekšā.

1966. gada martā Jūras pētniecības laboratorijas (ASV) plaši pazīstamā pētnieku grupa — E. Bairems, T. Čabs un H. Frīdmans — ziņoja par slaveno radiogalaktiku² Gulbja A un Jaunavas A (NGC 4486 = M87) ārkārtīgi spēcīgo rentgenstarojumu, ko viņi atklājuši pēdējo novērojumu laikā. Mērījumi rādīja, ka Gulbim A, kurš ir viens no kosmiskajiem radio-

¹ Skat. A. Balklava rakstu «Rentgena un gamma-staru astronomija». — «Zvaigžņotā debess», 1966. gada ziema.

² Skat. A. Balklava rakstu «Neparastās zvaigžņu pasaules». — «Zvaigžņotā debess», 1963. gada pavasaris.

avotiem ar vislielāko jaudu, spožums¹ rentgenstaros L_x ir apmēram $3 \cdot 10^{46}$ ergi/sek, kas ir gandrīz 100 reizes vairāk par šīs radiogalakcijas spožumu radiodiapazonā ($L_r \approx 4 \cdot 10^{44}$ ergi/sek) un apmēram 300 reizes vairāk par šīs galaktikas spožumu redzamajā gaismā ($L_0 \approx 10^{44}$ ergi/sek). Radiogalakcijai Jaunava A mērījumu rezultāti ir attiecīgi $L_x \approx 3 \cdot 10^{43}$ ergi/sek, bet $L_r \approx 3 \cdot 10^{41}$ ergi/sek. Salīdzinājumam atzīmēsim, ka mūsu Galaktikai, kas pieskaitāma pie galaktikām gigantiem, attiecīgie lielumi ir šādi: $L_x \approx 10^{38}$ ergi/sek, $L_r \approx 3 \cdot 10^{38}$ ergi/sek, bet $L_0 \approx 5 \cdot 10^{43}$ ergi/sek. Par cik Gulbis A un Jaunava A nav nekāds izņēmums radiogalakciju vidū, tad turpmākos novērojumos var sagaidīt, ka tiks atklātas līdzīgas attiecības arī starp pārējām radiogalakcijām. Tas rāda, ka jautājums par radiogalakcijām, kuru eksistences būtība vēl joprojām nav līdz galam izprasta, kļūst arvien sarežģītāks, jo ir grūti ne tikai izskaidrot šo objektu ļoti intensīvā radiostarojuma cēloņus, bet arī atklāt vēl intensīvāka rentgenstarojuma ģenerēšanas mehānisma darbības principus.

Tas, ka galaktikas staro arī rentgenstaru diapazonā, nebija nekāda sensācija. Kā absolūti melns ķermenis, tā arī citi mehānismi dod starojumu, kas satur visas frekvences, gan ļoti augstas, gan arī ļoti zemas. Jebkurš ķermenis, kura temperatūra nav vienlīdzīga absolūtai nullei, izstaro arī rentgenstarus. Taču to intensitāte, ja vien ķermeņa temperatūra nav ļoti augsta, protams, ir tik niecīga, ka mūsdienu rentgenstaru detektēšanas tehnika nespēj reģistrēt šādu starojumu. Turpretī ļoti karstām zvaigznēm jādod jau diezgan jūtams starojums rentgenstaru diapazonā. Tādā gadījumā būtu jāeksistē arī galaktiku rentgenstarojumam, kaut vai kā summāram šajās galaktikās ietilpstošo zvaigžņu rentgenstarojumam. Tātad uz jautājumu par kosmisku objektu rentgenstarojuma eksistenci teorētiski jau sen ir dota pozitīva atbilde. Saules rentgenstarojums², kuru pašu pirmo atklāja jau 1948. gadā, kosmisko objektu rentgenstarojuma eksistenci apstiprināja arī eksperimentāli.

Sensāciju izraisīja tas, ka iepriekš minēto kosmisko objektu, t. i., radiogalakciju, rentgenstarojuma intensitāte izrādījās negaidīti augsta, kā rezultātā acīmredzot stipri jāmaina pašreizējie uzskati par šo objektu dabu.

Milzīga nozīme kosmisko rentgenstaru avotu starojuma mehānisma noskaidrošanā būtu polarizācijas un spektrāliem novērojumiem rentgenstaru diapazonā. Diemžēl, līdz šim laikam šādu eksperimentālo pētījumu tehnika ir diezgan vāji attīstīta, it sevišķi tas attiecas uz rentgenstaru polarizācijas mērījumiem. Arī rentgenstaru spektra mērījumi ar monohro-

¹ Par galaktikas spožumu sauc enerģijas daudzumu, ko galaktika izstaro 1 sekundē noteiktā frekvenču intervālā.

² Saules spožums rentgenstaros $L_{\odot, x} \approx 10^{23}$ ergi/sek, bet tā optiskais spožums $L_{\odot, 0} \approx 3,86 \cdot 10^{33}$ ergi/sek.

matoriem¹ vēl nav veikti. Līdz šim kosmiskā rentgenstarojuma spektrālā sastāva analīzei izmanto dažādus filtrus, kas absorbē daļu rentgenstarojuma spektra, t. i., laiž cauri cietākos un aiztur mīkstākos rentgenstarus. Bez tam pētījumiem izmanto arī citas ierices. Atbilstoša eksperimentālā materiāla trūkuma dēļ parasti rīkojas šādi: salīdzina novērojumu datus ar teorētiski aprēķinātām līknēm, kas raksturo dažādu praktiski visvairāk iespējamo mehānismu ģenerētā starojuma spektrālo sastāvu. Kā šādus visiespējamākos mehānismus var minēt — absolūti melna ķermeņa vai parasto siltumstarojumu, bremzes starojumu, kas rodas jonizētos gāzu mākoņos, brīviem elektroniem saduroties ar atomu kodoliem, galvenokārt protoniem, un magnētisko bremzes starojumu, kas rodas, brīviem elektroniem kustoties ap starpzvaigžņu magnētiskā lauka spēka līnijām.

Attiecīgo starojuma intensitāti tad var parādīt ar līknēm, kuras aprēķina pēc sekojošām formulām:

$$J_{a.m.k.st.} = \text{const} \cdot \frac{v^3}{\exp[hv/kT] - 1},$$

$$J_{br.st.} = \text{const} \cdot \exp.[-hv/kT].$$

$$J_{m.br.st.} = \text{const} \cdot v^{-\alpha},$$

kur h — Planka konstante = $6,625 \cdot 10^{-27}$ ergi/sek;

k — Bolcmaņa konstante = $1,38 \cdot 10^{-16}$ ergi/grāds;

T — temperatūra, izteikta Kelvina grādos;

α — konstante;

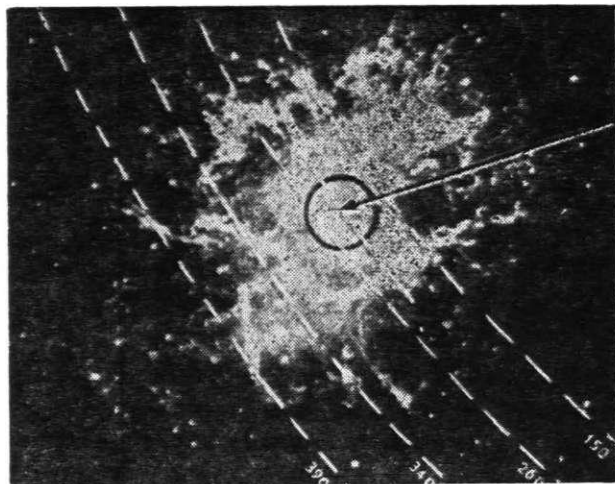
v — starojuma frekvence.

Diezgan lielo novērojumu kļūdu dēļ eksperimentālo un teorētisko līkņu salīdzināšana, protams, nedod sevišķi precīzus rezultātus, līdz ar ko starojuma mehānisma identificēšana bieži vien nav viennozīmīga. Tā, piemēram, pazīstamā galaktiskā radioavota Krabja miglāja (1. att.) vai Tau XR-1² rentgenstarojuma intensitātes līkne ir kļūdu robežās savienojama kā ar bremzes, tā arī ar magnētiskā bremzes starojuma intensitātes līknēm. Visspožākā (pēc novērojumiem no Zemes) kosmiskā rentgenstaru avota Sco XR-1 starojuma spektrālais sastāvs pēc pēdējiem mērījumiem vislabāk atbilst bremzes starojuma spektram. Šim spektram vislabāk atbilst arī radiogalaktikas Jaunava A (Vir XR-1) rentgenstarojums, bet radiogalaktikas Gulbis A (Cyg XR-3) rentgenstarojumu savukārt var vienlīdz labi izskaidrot gan kā bremzes, gan arī kā magnētiskā bremzes starojuma darbības sekas.

¹ Monohromators — ierice, kas reģistrē starojuma intensitāti ļoti šaurā spektra intervālā.

² Kosmiskā rentgenstarojuma avots pieņemts apzīmēt, uzrādot zvaigznāju, kurā atbilstīgais starojuma avots atrodas, burtus XR (no angļu valodas X-Rays, t. i., X stari, kā agrāk sauca rentgenstarus) un ciparus 1, 2 utt., kas apzīmē to spožumu. Tātad Tau XR-1 ir visspožākais rentgenstarojuma avots Vērša zvaigznājā.

1. att. Kosmiskā rentgenstaru avota Tau XR-1 (parādīts ar riņķīti) lokalizācija un aptuveni izmēri Krabja miglājā. Pārtrauktās līnijas rāda Mēness diska stāvokli dažādos aizklāšanās momentos (skatīti pie līnijām).



Lai iegūtu viennozīmīgu atbildi, izšķiroša loma varētu būt polarizācijas mērījumiem, jo no visiem iepriekšējiem starojumiem tikai magnētiskais bremzes starojums ir polarizēts, bet, kā jau iepriekš atzīmēts, eksperimentālo pētījumu tehnika šajā jomā pagaidām ir vāji attīstīta.

Pieļaujot, ka kosmisko rentgenstarojuma avotu starojumam ir magnētiskā bremzes starojuma daba, rodas jautājums par tā objekta dabu, kas piegādā vai, kā saka, «uzpumpē» relativistiskos elektronus. Tas ir saistīts ar to, ka relativistiskie elektroni, kustoties ap magnētiskā lauka spēka līnijām, izstaro un tād pakāpeniski zaudē savu enerģiju un spēju turpināt starot. Ja, piemēram, magnētiskā lauka intensitāte ir tikai 10^{-3} erstedi (parastā starpzvaigžņu magnētiskā lauka intensitātes vērtība), tad aprēķini rāda, ka elektronam ar enerģiju 10^{13} eV jau gada laikā enerģija starojuma zuduma dēļ samazināsies 2 reizes utt. Sakarā ar kosmisko rentgenstarojuma avotu neapšaubāmi ilgstošo rentgenstarojumu¹ nepieciešams izpētīt, kas šo avotu magnētisko lauku cauraustajiem apvalkiem piegādā relativistiskos elektronus. Šis interesantais jautājums, protams, rada arī papildu grūtības vispārējās problēmas risināšanā, bet, piemēram, attiecībā uz Tau XR-1 un Vir XR-1 šis jautājums tik un tā ir jārisina, jo konstatēts, ka šo avotu starojums nepārtrauktajā spektrā kā optiskajā, tā radiodiapazonā ir polarizēts un tād ir magnētiskais bremzes starojums. Tas savukārt liek domāt, ka arī šo avotu rentgenstarojumam ir magnētiskā bremzes starojuma daba.

Tādēļ jau astrofizikā ir izvirzītas pilnīgi jaunas hipotēzes par radio un optiskajos staros neredzamu kompakto rentgenstaru avotu — aktīvu galaktisku kodolu, rentgenstaru kvazaru utt. esamību šo kosmisko rentgenstaru avotu dzīlēs, kas tad arī ģenerē relativistiskos elektronus un ievada tos apvalka magnētiskajos laukos. Attiecībā uz Krabja miglāju šī hipo-

¹ Novērojumi un aprēķini rāda, ka, piemēram, Krabja miglāja (Tau XR-1) vecums ir vismaz 900 gadu, bet radiogalaktikām tas ir vismaz 10^6 gadi.

tēze eksperimentāli ir lielā mērā apstiprinājusies, jo novērojumi ar raķetēm, kad šo avotu aizklāja Mēness, rādīja, ka rentgenstarojuma avots Tau XR-1 ir mazāks par miglāju. Avota aptuvenie izmēri ir $1'$, t. i., apmēram $\frac{1}{5}$ no Krabja miglāja optiskā un radioizmēra.

Radiogalaktikas Jaunava A rentgenstaru avota Vir XR-1 izmēri pagaidām vēl nav zināmi. Tas viss liecina, ka šo hipotēžu apstiprināšanai vai noraidīšanai nepieciešami jauni, daudz precīzāki novērojumi ar aparatūras palīdzību, kas uzstādīta uz orientējamiem ZMP, jo novērojumi ar raķetēm ir īslaicīgi un tādēļ nevar sniegt nepieciešamo informāciju.

Orientējoši aprēķini par Cyg XR-3, pieļaujot, ka tā starojums rentgenstaros ir bremzes starojums, arī izvirza astrofizikā pilnīgi jaunu domu par milzīga karstās gāzes daudzuma (plazmas) esamību šajā radiogalaktikā, kur tad arī ģenerējas rentgenstarojums. Avots Gulbis A ir sevišķi interesants arī tādēļ, ka nesēn atklāts ļoti spēcīgs gammastarojums, kas nāk no šī avota. Tādēļ daži zinātnieki uzskata, ka atklātais pirmais kosmiskais gamma staru avots ir tas pats Cyg XR-3 un ka šā avota gamma starojums rodas, relativistiskajiem elektroniem izkļiedējoties uz rentgenstaru fotoniem. Šā, tā saucamā apgrieztā Komptona efekta darbības rezultātā elektronu enerģija samazinās, bet fotonu enerģija pieaug, t. i., tie kļūst cietāki, pārvēršoties no rentgenstaru fotoniem par gamma staru fotoniem. Rentgenstari turklāt rodas iepriekš minētā bremzes starojuma iedarbībā. Lai pilnīgāk noskaidrotu arī šā interesantā avota dabu, jāveic jauni novērojumi uz pilnveidotas eksperimentālās tehnikas bāzes.

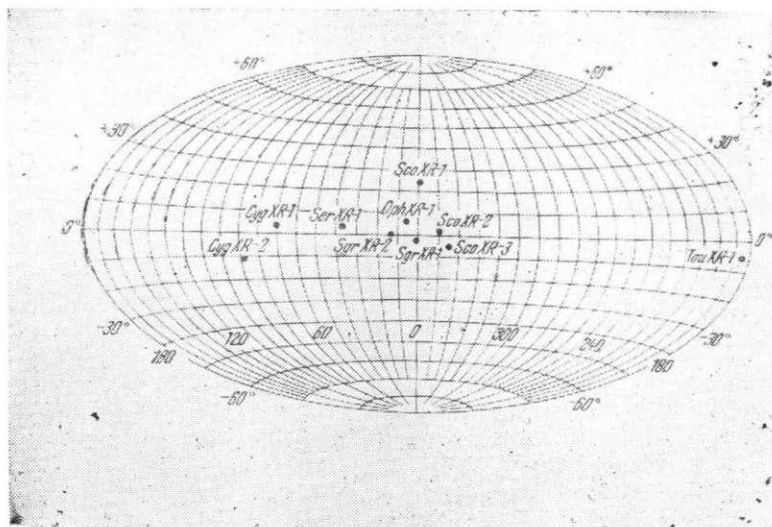
Kas attiecas uz citiem kosmiskā rentgenstarojuma avotiem, kas atklāti pēdējo raķešu eksperimentu gaitā (to skaits jau pārsniedz 10), tad lielākā daļa no tiem ir neapšaubāmi mūsu Galaktikas objekti. Uz to norāda šo avotu tendence koncentrēties Galaktikas ekvatora tuvumā (2. att.). Ja tie būtu ārpusgalaktikas objekti, tad to izvietojumam vajadzētu būt vairāk vai mazāk izotropam. Ļoti iespējams, ka daži no šiem avotiem ir intriģējošās neitronu zvaigznes¹, kas novietojušās Saules tuvumā. Tas sevišķi sakāms par visspožāko kosmisko rentgenstaru avotu Sco XR-1, kura izmērs pēc pēdējiem mērījumiem ir mazāks par $20''$. Tā ievērojamais spožums rentgenstaros rāda, ka tas atrodas pavisam tuvu Saulei, bet par tā niecīgiem, neitronu zvaigznei raksturīgiem izmēriem² liecina arī tas, ka šā avota vietā līdz šim nav izdevies saskatīt nevienu optisku vai radioavotu, neskatoties uz diezgan precīzi zināmām šā avota koordinātēm.

Ļoti interesants ir arī tas fakts, ka atklāts pirmais rentgenstaros mai-

¹ Neitronu zvaigznes pēc mūsdienu zinātnes priekšstatiem ir zināmas masas zvaigžņu ($1,2 M_{\odot} < M < 2 M_{\odot}$) attīstības pēdējā stadijā, kad izbeigušās kodolreakcijas zvaigznes dzīlēs un gravitācijas spiediens pārvērtis zvaigznes vielu neitronos.

² Neitronu zvaigznēm raksturīgi ļoti niecīgi izmēri. To diametrs sasniedz tikai dažus desmitus kilometru, tādēļ to spožumam optiskajā diapazonā jābūt ļoti niecīgam, jo spožums ir proporcionāls izstarojošās virsmas laukumam.

2. att. Pašlaik zināmo kosmisko rentgenstaru avotu lokalizācija pie debess sfēras. Līnija $0^{\circ}-0^{\circ}$ atbilst galaktikas ekvatoram.



nīgais kosmiskais rentgenstaru avots Cyg XR-1, kura intensitāte gada laikā (no 1964. gada jūnija līdz 1965. gada aprīlim) samazinājusies vairākas reizes. Arī šis avots, tāpat kā lielākā daļa atklāto rentgenstaru avotu, vēl nav identificēts ne ar vienu optisku objektu, tādēļ nekas vairāk par tā dabu nav zināms.

Nobeidzot šo nelielo ieskatu pēdējos rentgenstaru astronomijas jaunumos, interesanti atzīmēt, ka stāvoklis rentgenstaru astronomijā šajā ziņā ļoti atgādina stāvokli radioastronomijā tas attīstības pirmsākumā. Arī par kosmiskā radiostarojuma eksistenci nevienam nebija nekādu šaubu, jo bija skaidrs, ka, piemēram, Saule dod siltumstarojumu kā absolūti melns ķermenis ar ekvivalento temperatūru apmēram 6000°K un tātad izstaro arī radioviļņus. Par cik Saules radiostarojuma intensitātei, vadoties no šādiem apsvērumiem, vajadzēja būt ļoti niecīgai, nesasniedzamai toreizējās eksperimentālās tehnikas iespējām, tad to pat necentās uztvert. Kad pirmoreiz pavisam nejausi izdevās reģistrēt Saules radiostarojumu, tad izrādījās, ka pat «mierīgai» Saulei metra viļņu diapazonā intensitāte atbilst absolūti melna ķermeņa starojumam ar ekvivalento temperatūru 10^6K , bet sporādiskam Saules radiostarojumam šī ekvivalentā temperatūra ir vēl daudzreiz lielāka. Līdzīga situācija bija arī ar galaktikām. Tāpēc pat bija nepieciešams ievest speciālu radiogalaktiku nosaukumu. Taču pēdējo novērojumu rezultāti pilnīgi pamatoti izvirza jautājumu par šā nosaukuma maiņu, t. i., vai turpmāk radiogalaktikas nedēvēt par rentgena galaktikām.

Tas rāda, kādas satraucošas problēmas un kādas milzīgas iespējas kosmisko parādību izpratnei rodas, astronomijai apgūstot jaunus frekvenču diapazonus.

Mistērija un hidroksila problēma

Bez pārspilējuma var teikt, ka kopš neitrālā ūdeņraža līnijas atklāšanas nākošā svarīgākā radiolīnija pieder OH radikālam. Kaut gan pagājuši tikai 3 gadi, kopš Masačūsetsas tehnoloģiskā institūta radioastronomi intensīvā radioavota Kasiopejas A spektrā atklāja divas vājas absorbcijas līnijas, OH radikāls jau paspējis iedzīt zinātniekus īstā strupceļā, nokura tikai tagad sāk izēmities izeja.

OH radikāls pieder pie to molekulu grupas, kam elektronu orbitālās kustības momenta projekcija uz asi, kas savieno abu atomu kodolus, nav nulle. Kvantu mehānikā pierādīts, ka tad enerģētiskie līmeņi, kas saistīti ar rotāciju, sadalās divos komponentos. Elektrona pāreja starp tiem saistīta ar izstarojumu, kura viļņa garums atbilst radiodiapazonam. OH molekulā vienam no kodoliem (protonam) spins ir $1/2$. Spina un molekulas rotācijas momenta mijiedarbības rezultātā līmeņa abi komponenti savukārt sašķeļas katrs 2 komponentos. Tādējādi rodas 4 cits citam tuvu esoši enerģētiskie līmeņi, starp kuriem iespējamas 4 pārejas. Lai gan OH molekulas sastopamas 10^7 — 10^8 reizes retāk nekā ūdeņraža atomi, tas, ka šīs līnijas ir «atļautas», palielināja meklētāju cerības (21 cm līnijai atbilstošā pāreja ir «aizliegta»). Aprēķini rādīja, ka OH molekulās notiekošajām pārejām atbilst 1667, 1665, 1612 un 1720 MHz frekvence, bet līniju intensitātes attiecība ir 9 : 5 : 1 : 1.

Pirmie mērījumi, kas tika veikti Masačūsetsas tehnoloģiskajā institūtā, apstiprināja šo teoriju. Vājā absorbcijas līnija 1667 MHz frekvencē bija aptuveni 2 reizes spēcīgāka nekā 1665 MHz frekvencē. Novērotā nelielā novirze no teorētiski aprēķinātajām frekvencēm liecināja, ka gāze pārvietojas ar ātrumu apmēram 10 km/sek — rezultāts, kas labi sakrīta ar 21 cm līnijas novērojumiem.

1964. gadā Austrālijas un ASV radioastronomi ieguva pirmo pārsteidzošo rezultātu: radioavota Strēlnieks A radiospektrā atklāja ļoti intensīvas un platas OH absorbcijas līnijas, kas atbilda gāzes kustības ātrumam virzienā uz Zemi — 40 km/sek un pretējā virzienā — 120 km/sek. Turpretim neitrālajam ūdeņradim maksimālais ātrums ir attiecīgi 30 un 60 km/sek. Tātad pastāv atsevišķi gāzes mākoņi, kur OH molekulu koncentrācija ir ļoti liela, bet neitrālā ūdeņraža blīvums nepārsniedz vidējo blīvumu starpzvaigžņu telpā. Acīmredzot praktiski viss ūdeņradis tur ir saistīts molekulās. Taču kāpēc šie mākoņi virzās tik ātri, kāpēc absorbcijas līnijas Galaktikas centra spektrā ir tik platas? Šie jautājumi vēl gaida atbildi.

Kaut gan izdevās reģistrēt visas 4 līnijas, taču izrādījās, ka to intensitātes attiecība ir 2,7:2,2:1:1, tas nesaskanēja ar teorētiskajiem aprē-

ķīniem. Izskaidrojumu atrada viegli. Acīmredzot visintensīvākajās līnijās OH mākoņi ir optiski necaurspīdīgi, kamēr vājākajās — vēl caurspīdīgi. Pēdējā gadījumā līnijas intensitāte ir proporcionāla absorbējošo molekulu skaitam, turpretim necaurspīdīgā mākonī tam vairs nav būtiskas nozīmes. Iedomāsimies, ka mēs skatāmies caur tumšu stiklu uz spuldzi. Ņemot vēl otru stiklu, līdz acij nonāks mazāk gaismas. Taču, ja gaismas ceļā novietosim vispirms vienu, bet pēc tam otru necaurspīdīgu ekrānu, tad nejutīsim nekādas starpības.

OH līniju absorbciju var novērot tikai radioavotos, kuru nepārtrauktajā spektrā starojums ir pietiekoši spēcīgs. ASV radioastronomi uzsāka sistemātiskus meklējumus šādos avotos, kas lielākoties ir jonizētā ūdeņraža mākoņi. Divos avotos, kas holandiešu radioastronoma Vesterhauta katalogā apzīmēti ar W3 un W51, izdevās reģistrēt vāju absorbcijas līniju 1667 MHz frekvencē un aprēķināt, ka OH molekulu koncentrācija tur ir 10^7 — 10^8 reizes mazāka nekā ūdeņraža atomu koncentrācija. Noskaidrojās, ka OH mākoņi telpā izvietoti stipri nevienmērīgi. Spēcīgo radioavotu Gulbja A un Krabja miglāja virzienos to nav, jo absorbcijas līnijas neizdevās reģistrēt.

1965. gada februārī Hotkrikas observatorijā Kalifornijā ar 100 kanālu spektrogrāfu W49 spektrā apmēram 1667 MHz frekvencē atklāja OH līniju emisiju, pie kam tās intensitāte izrādījās neparasti liela. Tad Diters, Vivers un Viljamss nolēma pārbaudīt, vai 1665 MHz frekvencē arī ir tāda pati aina. Kaut gan teorētiski šajā frekvencē vajadzētu būt gandrīz 2 reizes mazākai intensitātei, emisijas līnija izrādījās daudz spēcīgāka nekā 1667 MHz frekvencē, pie kam abu līniju profili ievērojami atšķiras viens no otra. Pārsteidzoša īpatnība bija atsevišķo «piķu» šaurums — dažos gadījumos tie bija tikai 0,5 kHz plati. Tas atbilst molekulu ātrumu izkliedei ap 80 m/sek. Tik «kārtīgu» kustību radioastronomi novēroja pirmoreiz. Pašos «kārtīgākajos» neitrālā ūdeņraža mākoņos ātrumu izkliede bija tikai daži kilometri sekundē.

Apmēram pusei jonizētā ūdeņraža mākoņu nepārtrauktajos radiospektros izdevās novērot šauras OH emisijas līnijas, pie kam Oriona miglājā 1667 MHz frekvencē OH līnijas neizdevās atklāt ne emisija, ne absorbcijā, toties 1665 MHz frekvencē parādījās šauras emisijas līnijas. Izrādījās, ka OH avoti, kas atbilst šīm līnijām, atrodas galvenokārt miglāja malās.

Jaunos atklājumus šķita neiespējami interpretēt. Niecīgā molekulu ātrumu izkliede norādīja, ka temperatūra ir apmēram 3°K, bet kā izskaidrot emisijas līniju intensitāti, kas atbilst nesalīdzināmi augstākai temperatūrai? Sākumā paši atklājēji pat neuzdrošinājās apgalvot, ka līnijas pieder OH radikālam, bet izvirzīja hipotēzi, ka tās izstaro pagaidām nepazīstama viela «mistērijs». Taču drīz vien Barrets pierādīja, ka līnijas pieder OH radikālam, jāatrod tikai neparastais izstarošanas mehānisms.

«Mistērijs» drīz vien kļuva plaši pazīstams. Vispirms Barrets un pēc tam Hotkrikas radioobservatorijas zinātnieki atklāja, ka emisijas līnijās radiostarojums ir lineāri polarizēts, t. i., elektromagnētiskajā viļņā svārstības notiek noteiktā plaknē, kas nemainās laikā. Nepolarizētam elektromagnētiskam viļņim svārstību plakne maina savu virzienu un ar vienādu varbūtību ieņem jebkuru stāvokli. Un atkal «mistērijs» pārspēja visus rekordus! Ja agrāk radioastronomi 20% polarizāciju uzskatīja par neparasti lielu, tad dažos sevišķi šauros «piķos» tā sasniedza gandrīz 100%. Polarizācijas procents un leņķis stipri mainījās, pārejot no viena «piķa» uz citu.

Drīz pēc tam atklāja OH starojuma cirkulāro polarizāciju, kad svārstību plakne ar nemainīgu ātrumu griežas ap elektromagnētiskā viļņa izplatīšanās virzienu. Atkarībā no griešanās virziena izšķir labo un kreiso cirkulāro polarizāciju. Izrādījās, ka viena «piķa» robežās ir sastopama kā labā, tā kreisā cirkulārā polarizācija. Tas norāda, ka gāzes mākoņos, kur rodas radiostarojums, pastāv spēcīgi magnētiskie lauki, kuru intensitāte sasniedz 10^{-2} erstedus, kas vairāk nekā 1000 reīžu pārsniedz starpzvaigžņu vides mākoņu magnētiskā lauka intensitāti.

Taču pats negaidītākais atklājums bija līnijas profila izmaiņas laikā. Tas likās gluži neizprotami starpzvaigžņu telpā, kur līnijas rodas apgabalos, kuru šķērsošanai gaisma patērē dažus gadus, turpretim 1665 MHz līnijas profils manāmi izmainījās vienas diennakts laikā. Tas nozīmē, ka izstarojošo apgabalu izmēriem jābūt mazākiem par attālumu, ko gaisma noskrien diennakts laikā (ap $3 \cdot 10^{15}$ cm). To vajadzēja pārbaudīt. ASV astronomi ar interferometru novēroja 1665 MHz līnijā radioavotus W3 un W49 un secināja, ka to leņķiskie izmēri ir mazāki par 20 loka sekundēm. Mums tuvāk — 1700 parseku attālumā (1 parseks — 3,26 gaismas gadi) atrodas W3, tātad tā lineārie izmēri ir mazāki par $5 \cdot 10^{17}$ cm. Tas, ka šis skaitlis ir vairāk nekā 100 reīžu lielāks par gaismas diennakts ceļu, neapgāž secinājumu par avotuniecīgajiem izmēriem. Mūsdienu radiointerferometri vēl nespēj izmērīt mazākus leņķus. Tātad $5 \cdot 10^{17}$ cm ir tikai maksimālā robeža, kas var stipri atšķirties no patiesajiem izmēriem.

Ja pieņem, ka 1665 MHz līnijas avotu izmēri ir ap 10^{16} cm, bet attālums līdz tiem ap 1000 parseku, tad avotu virsmas spožums atbilst nekausējīgam ķermenim, kas sakarsēts līdz dažiem desmitiem miljonu grādu, turpretim atsevišķo «piķu» šaurums norāda uz apmēram 3°K temperatūru.

Šādas īpašības — zemu temperatūru un milzīgu virsmas spožumu — savieno tikai kvantu pastiprinātājs. Kā tad tas darbojas? Vienkāršības dēļ pieņemsim, ka atomā vai molekulā ir tikai 3 enerģētiskie līmeņi: pirmais zemākais, kurā ir visvairāk elektronu, otrais un trešais, kurā elektronu ir vismazāk. Elektromagnētiskās enerģijas kvantam, kas atbilst pārejai starp otro un trešo līmeni, ir divas iespējas: vai nu tas absorbēsies, vai arī iz-

raisīs otra tāda paša kvanta izstarošanu. Absorbcijas procesa varbūtība ir proporcionāla elektronu skaitam otrajā līmenī, bet otra kvanta izstarošana — elektronu skaitam trešajā līmenī. Parastos apstākļos, kad augšējos līmeņos ir mazāk elektronu nekā apakšējos, pārsvarā ir absorbcija, tādēļ pastiprināšana nav iespējama. Turpretim, ja uz atomiem vai molekulām krit intensīvs starojums, kura frekvence atbilst pārejai no pirmā uz trešo līmeni («pumpja» enerģija), tad kāda daļa no tā absorbēsies, elektroni pāries no pirmā līmeņa uz trešo, kur to skaits var palielināties un pārsniegt otrajā līmenī esošo elektronu skaitu. Tad pāreju skaits no trešā uz otro līmeni būs lielāks nekā pretējā virzienā un kritošais starojums pastiprināsies uz «pumpja» enerģijas rēķina.

Pastāv vairākas hipotēzes par OH līnijas «pumpja» avotu. Mēs pievērsīsimies tikai divām: amerikāņu teorētiķu Solpitera, Golda un Perkinsa, kā arī padomju zinātnieka Sklovskā hipotēzēm.

Pirmā no tām balstās uz faktu, ka OH molekulas stipri absorbē ultravioleto starojumu ar viļņa garumu 3080 angstrēmi. Elektroni nonāk ierosinātā līmenī, no kura tie pēc vairākām pārejām atgriežas pamatlīmenī. Viena no šīm pārejām izstaro jau pazīstamo OH līniju. Amerikāņu zinātnieki domā, ka OH molekulas koncentrētas slānī, kas atrodas uz jonizētā ūdeņraža mākoņa robežas, turpretim mākoņa iekšpusē to koncentrācija ir niecīga. «Pumpja» enerģiju piegādā karstās zvaigznes, kas reizē uztur arī ūdeņraža jonizāciju. No pieņemtās ģeometrijas izriet, ka OH izstarojums visefektīvāk tiek pastiprināts jonizētā ūdeņraža mākoņa malas pieskares virzienā, kur stars visilgāk virzās caur aktivēto OH molekulu masu.

Šajā hipotēzē nav ievērots spēcīgais magnētiskais lauks. Bez tam Sklovskis attiecībā uz radioavotu W49 pierādīja, ka novērotās OH līnijas intensitātes izskaidrošanai nepieciešams apmēram 300 reižu vairāk O tipa zvaigžņu nekā līdz šim novērots. Tik daudz karsto zvaigžņu ar pūlēm sameklēsim visā mūsu Galaktikā. Acīmredzot šajā hipotēzē izvirzītais «pumpja» avots ir par vāju, lai nodrošinātu novēroto OH līniju intensitāti.

Sklovskā hipotēze pamatojas uz to, ka OH mākoņos pastāv spēcīgs un diezgan regulārs magnētiskais lauks. Parastā blīvuma starpzvaigžņu vides mākoņos tik spēcīgs magnētiskais lauks nav novērots, taču, šādu mākonī saspiežot tā, ka tā blīvums pieaug 30 000 reižu, magnētiskā lauka intensitāte palielinās 1000 reižu un sasniedz OH mākoņos novēroto vērtību. 1 cm³ tāda mākoņa ir daži simttūkstoši atomi, pa lielākai daļai ūdeņraža atomi. Ja šādas kondensācijas izmēri ir 10¹⁷ cm, tad tās masa ir apmēram tāda pati kā Saulei. Daži zinātnieki uzskata, ka, tādām kondensācijām tālāk saspiežoties, veidojas zvaigznes.

Kondensācijas centrālajā daļā temperatūra var sasniegt 100—200°K. Tādos apstākļos veidojas diezgan intensīvs starojums molekulu rotācijas un svārstību līnijās, kas atrodas spektra infrasarkanajā daļā. Sklovskis

domā, ka šis starojums var aktivēt OH molekulas. OH līniju maksimālā intensitāte sagaidāma sfēriskajā slānī, kura biezums sasniedz $\frac{1}{10}$ no kondensācijas rādiusa, t. i., nodrošina radioavota intensitātes izmaiņas. Aprēķini rāda, ka infrasarkanā starojuma intensitāte ir pietiekama, lai ierosinātu OH līnijas.

Tā kā jonizētā ūdeņraža mākoņi izplešas, karstā gāze ielenc un saspiež nehomogenitātes, kas tā vai cita iemesla dēļ izveidojušās aukstajā gāzē. Tāpēc kondensācija rodas jonizētā ūdeņraža mākoņu malās.

Ja šī hipotēze apstiprinātos, tad rastos iespēja pētīt līdz šim neskaidro zvaigžņu veidošanas procesu. Tā kā OH līnijas izstarojumu var uztvert pat tad, ja tas nāk no Galaktikas otras malas, kļūst skaidrs, cik ļoti palielināsies zvaigžņu kosmogonijas iespējas. Ja izdotos atklāt OH līnijas centimetru viļņos, kā arī infrasarkanajā diapazonā, tad šo hipotēzi ar pilnām tiesībām varētu nosaukt par «misterija» teoriju. Tātad izšķirošais vārds atkal pieder lielajiem radioteleskopiem!



Astronomijas jaunumi

A. BALKLAVS

MAKSIMĀLĀ IESPEJAMĀ SILTUMSTAROJUMA TEMPERATURA

Pirmatnējā starojuma atklāšana ne tikai izšķīra teoretisko strīdu starp «aukstā» un «karstā» Visuma modeļa hipotēzēm par labu pēdējai, bet deva arī ierosmi citiem ļoti interesantiem teorētiskiem secinājumiem. Viens no tiem pieder pazīstamajam padomju fiziķim akadēmiķim A. Saharovam.

Viņš analizējis vielas un starojuma sadarbības īpatnības pirmajos laika momentos pēc pašreiz novērojamā Visuma izplešanās procesa sākuma, t. i., pēc tā saucamā «lielā sprādziena», kad radās pasaule, ku-

rā mēs dzīvojam. Tad viela un starojums atradās ārkārtīgi liela blīvuma un tātad arī ārkārtīgi liela spiediena un augstas temperatūras apstākļos. Lai šos neparastos apstākļus lasītājam padarītu saprotamākus, atzīmēsim, ka, pieņemot par pareizu «karstā» Visuma modeli, var aprēķināt, ka 1 sek pēc Visuma izplešanās sākuma starojuma temperatūra bija apmēram 10^{10} °K (desmit miljardi grādu pēc Kelvina absolūtās temperatūras skalas), bet fotonu skaits 1 cm^3 sasniedza 10^{49} (1 cm^3 starojuma svēra daudzus

miljonus tonnu). Saprotams, ka vēl īsākos laika momentos, t. i., $0 < t < 1$ sek starojuma temperatūra un blīvums bija vēl lielāks.

Sādos apstākļos fotonu skaits bija daudzreiz lielāks nekā nuklonu skaits. Interesanti atzīmēt, ka arī pašreizējais matērijas stāvoklis šajā ziņā nav kvalitatīvi mainījies un ka arī tagad vidējais fotonu blīvums Visumā ir daudz lielāks par vidējo nuklonu blīvumu. Aprēķini rāda, ka pašreiz, t. i., vairākus miljardus gadu pēc «lielā sprādziena», vidējais fotonu blīvums ir apmēram 500 fotonu 1 cm^3 , bet, ja pieņemam, ka visas zvaigznes sastāv tikai no ūdeņraža un viss ūdeņradis no visām ar visspēcīgākajiem teleskopiem redzamajām galaktikās sakopotajām zvaigznēm ir vienmērīgi izkliedēts skatam aptveramajā telpā, tad vidējais ūdeņraža atomu blīvums būtu tikai 1 ūdeņraža atoms 3 m^3 telpas. Tas nozīmē, ka šāda fotonu «ķīseļa» blīvums pašreiz ir 1,5 miljardus reizu lielāks par iedomājamo zvaigžņu ūdeņraža «ķīseļa» blīvumu, jo uz 1 ūdeņraža atomu ir apmēram $1,5 \cdot 10^9$ fotonu¹.

Kā jau atzīmēts, $0 < t < 1$ sek pēc «lielā sprādziena» fotonu skaits 1 cm^3 bija ārkārtīgi liels. Kā rāda aprēķini, ja starojuma blīvums ir tik ļoti liels, tad galvenā nozīme ir gravitācijas sadarbī starp blakus

¹ Tomēr jāatzīmē, ka masas daudzums 3 m^3 zvaigžņu ūdeņraža atomu ir 1000 reizu lielāks par masas daudzumu 3 m^3 fotonu gāzes, jo 1 ūdeņraža atoms ir apmēram 1000 reizu smagāks par $1,5 \cdot 10^9$ fotoniem, tā ka pirmatnējā fotona vidējā enerģija ir apmēram tikai 10^{-9} eV vai 10^{-15} ergi (aprēķiniem izmanto formulu $E=mc^2$).

esošajiem fotoniem². Mūsdienu apstākļos tā parasti ir tik niecīga, ka elementārdaļiņu sadarbības aprēķinos gravitācijas sadarbī nemaz neievēro. Jāuzsver, ka svarīga bija tieši gravitācijas sadarbība starp fotoniem, jo to bija daudz vairāk nekā nuklonu, tapēc fotona «kaimiņš» gandrīz vienmēr bija fotons un nevis nuklons.

Sādos apstākļos starp starojumu un vielu iestājas ļoti īpatnējs termodinamiska līdzsvara stāvoklis. Tas ir īpatnējs tajā ziņā, ka fotonu enerģijai kā to blīvuma funkcijai ir maksimums, t. i., — pastāv maksimāli iespējamā fotonu enerģijas vērtība, lielāku par kuru ne pie kāda starojuma blīvuma vairs nevar iegūt. Tātad fotonu gāzes tālāka saspiešana vairs neizraisa fotonu enerģijas pieaugumu. Šāda starojuma enerģijas maksimuma eksistence nozīmē, ka pastāv arī maksimāla starojuma temperatūra, jo starp siltumstarojuma enerģiju un temperatūru ir vienkārša un viennozīmīga termodinamiska sakarība. Tātad jebkurai vielai, kas ar starojumu atrodas termodinamiska līdzsvara stāvoklī eksistē arī absolūtais temperatūras maksimums. So maksimumā temperatūru nav iespējams pārsniegt ar termodinamiski līdzsvarotu procesu palīdzību.

Akadēmiķis A. Saharovs aprēķinājis, ka maksimālā iespējamā siltumstarojuma temperatūra ir apmēram 10^{32} K . Šis secinājums par maksimālās iespējamās siltumstaroju-

² Gravitācijas sadarbī starp fotoniem ir neteicošā nozīme, ja fotonu blīvums ir apmēram 10^{38} fotoni 1 cm^3 .

ma temperatūras eksistenci attiecas ne tikai uz tiem tālās pagātnes apstākļiem, kad visa viela Metagalaktikā atradās superblīvā stāvoklī, bet arī uz jebkuru atsevišķu vielas gabalu un attiecīgu starojuma blīvumu.

Nobeidzot iepazīšanos ar maksimālās iespējamās siltumstarojuma temperatūras fenomenu, ir jāuzsver divi jautājumi: pirmkārt, jāievēro, ka akadēmiķa A. Saharova secinājums par maksimālās temperatūras eksistenci attiecas tikai uz termodinamiski līdzsvarotiem procesiem, jo A. Saharovs pētījis tieši šādus procesus. Uz termodinamiski nelīdzsvarotiem starojuma procesiem, kādus pazīst mūsdienu fizika (piemēram, sinhrotronais starojums u. c.), šis secinājums vismaz pagaidām nav attiecināms. Šajā virzienā nepieciešami speciāli pētījumi.

Otrkārt, arī uz termodinamiski līdzsvarotiem starojuma procesiem šis secinājums attiecas tikai par tik, par cik spēkā ir termodinamikas likumi. Sī piebilde var likties dīvaina, jo labi zināms, ka termodinamikas likumi ir vieni no vispārīgākajiem dabas likumiem. Tomēr mēs nevaram būt pilnīgi pārliecināti par to, ka šie likumi, kā arī citi vispārīgie fizikas likumi saglabā savu iedarbību jebkuros starojuma blīvuma apstākļos un jebkurā temperatūrā. Daži zinātnieki norāda, ka gadījumos, ja vielas blīvums ir lielāks par 10^{93} g/cm³, nozīmīga kļūst kvantu fluktuācija un savu pašreizējo jēgu zaudē telpas un laika sakarības, entropija, temperatūra un citi priekšstati un likumi, ar kuriem

operē mūsdienu fizika. Līdz ar to fizika vēl nevar atbildēt uz jautājumu, kas notiek ar vielu un starojumu, kādas ir to īpašības, kad to blīvums ir bezgalīgi liels, t. i., laika momentā $t = 0$. Taču mūsdienu fizika pilnīgi droši var atbildēt uz jautājumu, kas notiek pēc tam, kad iestājas termodinamisks līdzsvars, un tas pēc kāda laika neizbēgami iestājas. Tad A. Saharova secinājums par maksimālās siltumstarojuma temperatūras eksistenci iegūst dabas likuma spēku.

Nobeigumā jāatzīmē, ka temperatūras skalas ierobežošana ne tikai no apakšas (absolūtās nulles eksistence), bet arī no augšas, t. i., maksimālās temperatūras eksistence, ir fakts ne tikai ar lielu dabaszinātnisku, bet arī ar filozofisku nozīmi.

IETIEPIGAIS MAGNĒTS

... Saules radioviļņu pētnieks sēž pie radioteleskopa un vēro, kā pašrakstītāja spalva, virzoties pāri slidošajai diagrammas lentei, zīmē arvien jaunus piķus un izciļņus, lielas liesmu mēles un veselus smailus biezokņus. Šķiet, nemūžam te neatrast divas vienādas līknes, tāpat kā nekad neatkārtojas ugunskura liesmu mainīgais raksts.

Tomēr, veicot novērojumus ilgākā laika posmā un aplūkojot daudz radiouzliesmojumu attēlus, sev par lielu pārsteigumu ieraugām šo attēlu līdziniekus. Pirmoreiz tos pamanīja pazīstamais holandiešu radioastronoms A. Fokers. Viņš kon-

statēja, ka dažkārt 200 un 545 MHz frekvencē pastāv liela līdzība starp radiouzliesmojumiem, kas notikuši vienā un tajā pašā Saules apvidū ar vairāku stundu starplaiku. Jau kopš 1956. gada bija zināms, ka dažkārt optiski novērojami — hromosfēras — uzliesmojumi, kas rodas vienā un tajā pašā aktivitātes centrā, veido vienu un to pašu konfigurāciju. Šādi līdzīgi uzliesmojumi tika nosaukti par homologiem. Arī A. Fokers līdzīgos radiouzliesmojumus nosaucis šādā vārdā.

1965.—1966. gadā Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas Astrofizikas laboratorijā tika analizēti 150 radiouzliesmojumi, kas 1957.—1959. gadā bija reģistrēti PSRS observatorijās. Rūpīgi aplūkojot šo radiouzliesmojumu pierakstus 200 MHz frekvencē, arī starp tiem pamanījām līdziniekus. Tādi bija 3 pierakstu pāri:

1959. gada 18. augustā plkst. 10.25 pēc pasaules laika un 11. septembrī plkst. 13.20 pēc pasaules laika;

1959. gada 9. februārī plkst. 10.00 pēc pasaules laika un 13. februārī plkst. 12.00 pēc pasaules laika;

1959. gada 8. februārī plkst. 9.25 pēc pasaules laika un 12. novembrī plkst. 8.25 pēc pasaules laika.

Kā redzams, līdzīgie radiouzliesmojumi notikuši ar vairāku dienu vai pat mēnešu starplaiku. Taču uzliesmojumu avotu koordinātes rādīja, ka katrs uzliesmojumu pāris bija radies vienā un tajā pašā aktivitātes centrā. Ko gan tas varēja nozīmēt?

Saules ugunsčūri — lielle hromosfēras uzliesmojumi — iekvēlojas tikai tajās vietās, kur valda intensīvi magnētiskie lauki. Tie nosaka arī radioviļņu veidošanos. Tātad var domāt, ka homologie uzliesmojumi norāda uz vienādu magnētiskā lauka konfigurāciju katrā procesā.

Taču zināms, ka hromosfēras uzliesmojuma laikā magnētiskā lauka konfigurācija stipri mainās, vienkāršojas. Acīmredzot var secināt, ka šī vienkāršošanās ir īslaicīga, ka dziļākos slāņos pastāv tik intensīvs magnētiskais lauks, ka tas pēc kāda laika atjauno iepriekšējo konfigurāciju Saules atmosfēras augstākajos slāņos, kur veidojas hromosfēras uzliesmojumi. Līdz ar to atkal rodas labvēlīgi nosacījumi kā optiskajam, tā radiouzliesmojumam.

Visinteresantākais ir tas, ka starp homologiem uzliesmojumiem var būt pat vairāku mēnešu starplaiks. Tas liecina, ka aktivitātes centru magnētiskā lauka īpatnējā konfigurācija var palikt nemainīga vairākus mēnešus. Līdz ar to hromosfēras uzliesmojumus var aplūkot kā īslaicīgu magnētiskā līdzsvara zudumu Saules aktivitātes centrā.

Šāda magnētiskā lauka pastāvēšana izvirza Saules pētniekiem gluži jaunu uzdevumu — pētīt Saules aktivitātes centru individuālās īpašības. Tad atkarībā no katra aktivitātes centra magnētiskā lauka īpatnībām varēs spriest par iespējamiem uzliesmojumiem un to sekām uz Zemes.

N. Cimahičiča

LEONĪDAS 1966. GADĀ

1966. gada novembra vidū visas pasaules astronomi ar lielu interesi gaidīja «zvaigžņu lietu», t. i., intensīvu meteoru plūsmu — Leonīdas. Mūsu republikā un arī Padomju Savienības lielākajā daļā debesis bija apmākušās. Taču Ašhabadā, Dušanbē un Armēnijā debesis bija skaidras, tomēr arī tur zvaigžņu lietus netika novērots.

Varbūt astronomu paredzējums bija nepareizs?

Retā dabas parādība — zvaigžņu lietus — novērojama tad, kad Zeme savā ceļā ap Sauli sastopas ar lielu meteoru ķermeņu sakopojumu. Tādā gadījumā skaidrā naktī pie debessim var redzēt ļoti daudz meteoru, pie kam liekas, ka tie visi nāk no viena debess punkta, ko sauc par radiantu. Meteoru plūsmu pieņemts nosaukt tā zvaigznāja vārdā, kurā atrodas radiants. Leonīdu radiants atrodas Lauvas zvaigznajā.

Leonīdu plūsma radusies, sairstot Tempeļa-Tutla komētai, kura ap Sauli vienreiz apgriežas 33 gados. Nedaudz meteoru ķermeņu izkaisīts pa visu komētas orbītu. Tā kā šo orbītu Zeme krusto ik gadus laikā no 10. līdz 25. novembrim, tad arī ik gadus novembra vidū novērojam Leonīdas, taču to intensitāte ir neliela, apmēram 10—15 meteoru stundā. Turpretim netālu no pašas komētas meteoru ķermeņi ir koncentrēti diezgan kompakti. Sakarā ar to daudzi meteoru parādās, t. i., zvaigžņu lietus atkārtojas ik pēc 33

gadiem, pie tam ne vienmēr tas ir vienādi intensīvs.

Meteoru plūsmu intensitātes maiņu izraisa tas, ka plūsmu orbītas lielo planētu pievilksnās spēku ietekmē pakāpeniski maina savu stāvokli Saules sistēmā. Plūsmas, kurās ir mazāk meteoru, var attālināties no Zemes orbītas tik tālu, ka meteoru vaurs nemaz nav novērojami, vai arī otrādi, var parādīties jauna, agrāk nepazīstama plūsma. Tikai ar meteoriem bagātas plūsmas, kurām ir liels diametrs, redzamas vairākus gadsimtus pēc kārtas, neraugoties uz planētu ietekmi.

Leonīdas pirmoreiz atzīmējuši ķīnieši 1768. gadā pr. m. ē. Vairāk kārt spēcīgs Leonīdu zvaigžņu lietus atzīmēts Krievijas, Rietumeiropas, Ķīnas, Korejas un Japānas X—XV gs. hronikās. 1799. gadā Zeme izgāja caur visblīvāko meteoru plūsmas daļu. Šo lielisko dabas parādību toreiz aprakstīja ievērojams vācu dabaszinātnieks un ceļotājs A. Humbolts, kas tajā laikā atradās Venecuēlā. Toreiz zvaigžņu lietus ilga 4 stundas. A. Humbolta darbs ir pirmais zinātniskais meteoru plūsmas apraksts. Spēcīgs Leonīdu zvaigžņu lietus bija novērojams arī 1833. un 1866. gadā. Turpretī ne 1899., ne 1933. gadā to novērot neizdevās. Arī Tempeļa-Tutla komēta tika «pazaudēta».

1965. gada novembrī astronomi ievēroja, ka Leonīdu plūsma atkal kļuvis intensīvāka. Ar elektronu skaitļošanas mašīnu palīdzību Ļeņingradas astronomei E. Kazimirčakai-Polonskai izdevās precīzēt plūsmas orbītu. Tika atkal atrasta

1. att. Leonīdu fotouzņēmums, kas iegūts Kitpikā (ASV, Arizonas štata) 1966. gada 17. novembrī uz Lielā Lāča zvaigznāja fona. Šajā attēlā fiksēta apmēram puse no taja brīdī redzamajiem meteorītiem.



arī Tempela-Tutla komēta. Lielo planētu gravitācijas spēku ietekmē plūsmas orbīta atkal bija izmainījusies tā, ka 1966. gada novembrī varēja gaidīt zvaigžņu lietu. Pilnīgi precīzi noteikt plūsmas maksimuma momentu bija grūti. Atšķirības starp atsevišķām prognozēm sasniedza 17 stundas. Vispareizākais izrādījās Kijevas profesora I. Astapoviča aprēķins, kas pamatojās uz Leonīdu novērojumiem pēdējo 200 gadu laikā. Profesors Astapovičs pareģoja plūsmas maksimuma momentu 1966. gada 17. novembrī ap plkst. 12 pēc Maskavas laika. Patiesībā tas iestājās 3 stundas vēlāk.

Padomju Savienības lielākajā da-

ļā novērot Leonīdas šajā laikā nebija iespējams. Pat radiolokācijas iekārtas nevarēja konstatēt plūsmas maksimumu, jo Lauvas zvaigznājs atradās zem horizonta.

Pirmais ziņojums par zvaigžņu lietu pienāca no polārpētniekiem, kas strādāja polārajā stacijā austrumos no Diksona salas. Stacijas vecākais hidrologs Kločkovs, kas atradās laukā, lai 14st50^m izdarītu kārtējos novērojumus, pamanīja, ka pie debess ir simtiem meteoru. Šī parādība ilga 40 minūtes — no 14st50^m līdz 15st30^m, visi meteorīti virzījās no ziemeļiem uz dienvidiem, jo Lauvas zvaigznājs tajā laikā atradās tieši ziemeļos, zemu pie horizonta. Dau-

dzi meteori atstāja aiz sevis gaišas svītras. Meteoru skaits 1 sek bija 5 un vairāk, t. i., apmēram 20 000 vienā stundā.¹ Tā kā radianta augstums virs horizonta bija tikai 8°, tad, ievērojot augstuma korekciju, meteoru skaits 1 stundā bija 130 000.

Zvaigžņu lietus bija redzēts arī no dreifējošās polārās stacijas CII-13, Pevekā (Magadanas apgabala), Vankaremā (Čukču pussalā), Koļučina salā u. c.

Vēl intensīvāks zvaigžņu lietus tika novērots Amerikas Savienotajās Valstīs, kur Leonīdu plūsmas radiants atradās gandrīz zenītā. Arizonas štatā lietus gan ilga tikai 10—15 minūtes, taču sekundē tur reģistrēti 20—40 meteori (70 000—140 000 stundā). Leonīdu plūsmas maksimums iestājies apmēram 14^h55^m pēc Maskavas laika. Laskruses pilsētā (Ņūmeksikas štata dienvidu daļā) vidēji reģistrēti 1000 meteori 1 minūtē (60 000 stundā). Zvaigžņu lietus novērots arī Kalifornijā un Teksasas štatā. Pārējā ASV teritorijā bijis apmācies laiks.

Pēc PSRS Zinātņu akadēmijas Zemes fizikas institūta (Maskavā) aspirantes A. Simoņenko aprēķiniem parādības īslaicīgums izskaidrojams ar to, ka Zeme 1966. gada novembrī šķērsojusi nevis Leonīdu plūsmas diametru, bet gan hordu.

I. Daube

¹ Astronomijā plūsmas intensitāti pieņemts izteikt ar meteoru skaitu 1 st.

NEPARASTĀ MAIŅZVAIGZNE

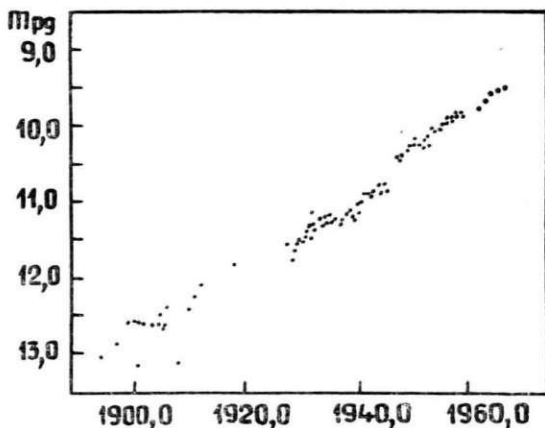
1943. gadā Zonnebergas observatorijas profesors K. Hofmeisters Bultas zvaigznājā atklāja jaunu maiņzvaigzni 377.1943 Sge. Padomju Savienībā izdotajā neizpētīto maiņzvaigžņu katalogā tā reģistrēta ar 5066. numuru (K3Π 5066). Ne atklājējam, ne arī citiem astronomiem sākumā šis objekts nelikās neparasts. To uzskatīja par vienu no daudzajām neregulārajām maiņzvaigznēm. Neparasta bija vienīgi tās baltā krāsa.

1960. gadā vācu astronoms G. Rihters, pēc tam kad bija izmērijis šīs zvaigznes spožumu uz gandrīz 1000 Zonnebergā uzņemtajām platēm, nāca klajā ar pārsteidzošu atklājumu. Zvaigznes 377.1943 Sge = K3Π 5066 spožums laikā no 1928. līdz 1959. gadam bija nepārtraukti pieaudzis no 11,6. līdz 9,8. zvaigžņu lieluma klasei!

Pārbaudot Harvarda, Heidelbergas un Maskavas observatoriju fotoplašu bibliotēkas, izrādījās, ka šī zvaigzne kļuvusi aizvien spožāka jau kopš pagājušā gadsimta beigām, t. i., kopš sistemātisku fotogrāfisko novērojumu sākuma. Sākot ar 1890. gadu, tās fotogrāfiskais spožums katros desmit gados vidēji palielinājies par 0,5 lieluma klasēm (1. att.). Ja neparastās maiņzvaigznes spožums tādā pašā tempā turpinās pieaugt, tad pēc 75 gadiem tā būs jau redzama ar neapbruņotu aci.

Aplūkojot šo maiņzvaigzni lielajā Palomāra debess atlasā, izrādījās, ka tās attēls nav līdzīgs citu

1. att. Zvaigznes K3Π 5066 foto-
grāfiskā spožuma pieaugums kopš
1890. gada.



šāda spožuma zvaigžņu attēliem, bet ir tāds kā diskveida objektiem ar diametru 30". Pēc tam atklājās, ka neatkarīgi no Palomāra atlasa Dīrbornas observatorijas (ASV) astronoms K. Henize bija klasificējis šo objektu kā planetāro miglāju ar diametru 32". Tātad zvaigzni aptver neliels gāzu mākonis. Par to liecina arī zvaigznes spektrs — B9 Ia — ar mainīgām emisijas līnijām.

Sākot ar 1962. gadu, Bultas zvaigznāja neparastās zvaigznes spožumam dažādos spektra apgabalos seko precīzi elektrofotometri. Tā noskaidrojās, ka nepartraukto lēno spožuma pieaugumu pastāvīgi pavadā arī nelielas īslaicīgas spožuma svārstības, pie kam tās nav gluži neregulāras, bet gan cikliskas. Cikla ilgums — 10—20 dienas.

Kopš fotoelektrisko novērojumu sākuma 1962. gadā objekta spožums pieaug tikai spektra fotogrāfiskajā un vizuālajā daļā, pie tam

ar vienādu ātrumu un tādā pašā tempā kā fotogrāfiskais spožums iepriekšējos 60 gados. Spektra ultravioletajā daļā turpretim iezīmējas neliela spožuma samazināšanās. Pēc speciālistu domām, krāsu indeksa (U — B) maiņa laikā no 1962. līdz 1966. gadam bijusi tik liela, ka var runāt tikai par īslaicīgu pārejošu stadiju zvaigznes dzīvē. Līdz turpmākiem novērojumiem un secinājumiem jāpieņem, ka zvaigznes spožums pieaug ekspansijas dēļ, pie kam izplešas samērā lieli zvaigznes ārējie slāņi. Sakarā ar zvaigznes izplešanos palielinās tās virsma un līdz ar to arī tās redzamais spožums. B spektra tipa zvaigznēm šāda attīstības fāze ir parasta, taču ļoti īslaicīga. Iespējams arī, ka astronomi ir sastapušies ar kādu īpašu vēl nepazīstamu parādību. Kā vienā, tā otrā gadījumā zvaigzne K3Π 5066 no kosmogoniskā viedokļa ir ļoti interesanta,

tāpēc to turpinās novērot un pētīt. Līdz šim tā ir vienīgā zvaigzne, kurai novērota šāda spožuma maiņa.

I. Daube

TRANZONDES PĒTA ZEMES ATMOSFĒRU

1966. gada vasarā Jaunzēlandes laika dienests veica eksperimentus ar līdzsvarotiem baloniem — zondēm jeb tranzondēm — lieliem gaisa baloniem, 1,5 m diametrā. Baloniem bija piekārtā aparatūra gaisa temperatūras, mitruma un atmosfēras spiediena mērīšanai ilgākā laika posmā, balonam dreifējot līdz starpkontinentālajam gaisa strāvām. Sos eksperimentus veica saskaņā ar projektu GHOST (Global Horizontal Sounding Technique — Pasaules Horizontālās Zondēšanas tehnika), kas domāts meteoroloģisku datu vākšanai visā pasaulē. Jaunzēlandes eksperimentā piedalījās arī starptautiska novērotāju grupa.

Šā eksperimenta mērķis bija noteikt balonu lidojuma maksimālo ilgumu un lidojuma augstuma stabilitāti, kā arī pārbaudīt spiediena, temperatūras un mitruma mērītāju darbību. Zondēs iemontētie miniatūrie radoraidītāji kopā ar Saules baterijām svēra tikai 90 g, bet viss aerostats — 1100 g. Raidītājs sūtīja signālus tikai dienā, pie tam sēnāsa ilgumu noteica fotoelementi, kas darbojās atkarībā no Saules atrašānās augstuma pie apvāršņa.

Šāda vienkāršota sistēma ļāva noteikt balona koordinātes tikai aptuveni ar 100 km tuvinājumu.

Signālu uztveršanas stacijas bija izvietotas dienvidu puslodes 12 valstīs — Peru, Brazīlijā, Dienvidāfrikā, Zambijā, Austrālijā u. c. Signālus varēja droši uztvert līdz 5000 km attālumam. No visiem 14 baloniem, kas tika palaisti 1966. gada 13. maijā apmēram 11 km augstumā, kas atbilst 200 milibāru izobāriskajai virsmai, 6 baloni veica vismaz 1 apgriezīgu dienvidu puslodi, 3 baloni — 2, bet 1 balons — 3 apgriezienus. Viens balons riņķoja 44 dienas, t. i., veica ne mazāk kā 4 apgriezienus ap Zemi, bet 2 apledoja un nokrita, uzņemot augstumu, 1 iekļuva Antarktīdas atmosfēras cirkulācijas joslā.

Eksperimentu rezultāti rāda, ka šādām zondēm dreifa ilgumu iespējams pagarināt gandrīz līdz teorētiskajai robežai — 600 dienām.

Šā gada vasarā dienvidu puslode paredzēts palaist vēl 20 tranzondes 22—24 km augstumā, kas atbilst 30 milibāru izobāriskajai virsmai. Tiek veikti eksperimenti, lai izvairītos no balonu pārslodzes apledošanas gadījumā, tiem dreifējot 5—6 km augstumā (500 milibāru izobāriskā virsma). Izrādās, ka balona apvalks mazāk saista ūdeni, ja to pārklāj ar plānu vaska kārtiņu.

Līdzīgus eksperimentus veic arī Francijā un Jaunkaledonijā.

N. Petrovs

«LUNAR ORBITER-2»

1966. gadā orbītā ap Mēnesi pavisam tika ievadīti 5 mākslīgie Mēness pavadoņi: padomju «Luna-10», «Luna-11» un «Luna-12», kā arī ASV «Lunar Orbiter-1» un «Lunar Orbiter-2». Šī pēdējā Mēness mākslīgā pavadoņa galvenais uzdevums bija fotografēt Mēness virsmu no neliela attāluma, lai pēc iegūtajām fotogrāfijām varētu izvēlēties piemērotu kosmiskā kuģa nolaišanās vietu. «Lunar Orbiter-2» pavisam fiksējis 13 varbūtējas nolaišanās vietas: 5 apgabalus Miera jūrā, Enkes un Lansberga krāteru tuvumā u. c.

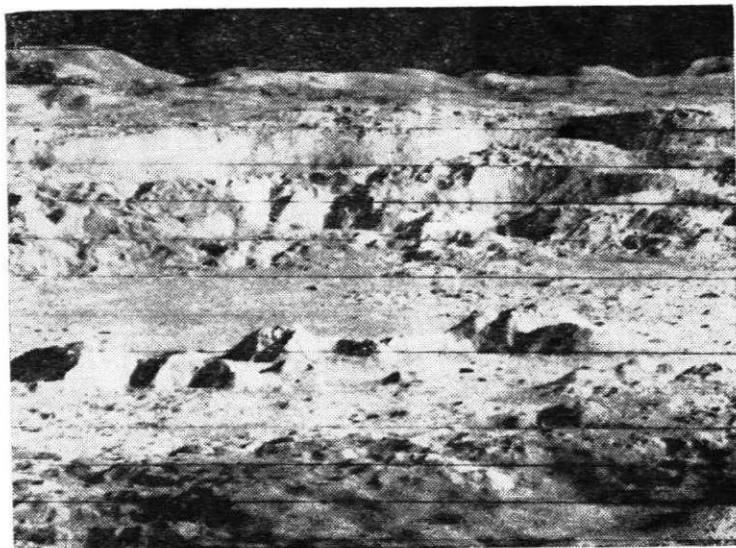
«Lunar Orbiter-2» orbītā ievadīja «Atlas-Agena» tipa raķete, kas startēja no Kenedija zemesraga 1966. gada 6. novembrī. Galīgajā orbītā ap Mēnesi mākslīgais pavadoņš iegāja 15. novembrī. Tā apriņķošanas laiks ap Mēnesi bija $3^m 28^s$, minimālais attālums no Mēness

virsmas — 50 km, kas ar katru dienu nedaudz samazinājās. Uz «Lunar Orbiter-2» bija 2 fotokameras, viena ar lielu, otra ar vidēju izšķiršanas spēju ($f/5,6$; $f = 61$ cm un $f/5,6$; $d = 8$ cm). Mēness virsmas fotografēšana sākās 18. novembrī un turpinājās līdz 25. novembrim. Pavisam ar katru objektīvu ieguva 184 kadrus, kuros fiksēta kā Mēness redzamā, tā arī neredzamā puse. Filmas platums — 7 cm. Attēlu pārraide uz Zemi turpinājās līdz 6. decembrim.

Iegūto fotogrāfiju kvalitāte ir ļoti laba. Filmas malās doti fotometriskie standarti. Tas dod iespēju izgatavot detalizētas Mēness reljefa kartes.

1. attēlā redzama daļa no Kopernika krātera, kura patiesais diametrs ir 96 km. Fotogrāfija iegūta brīdī, kad «Lunar Orbiter-2» atradās apmēram 240 km uz dienvidiem no šā krātera un 45 km virs Mēness. Priekšplānā redzama

1. att. Kopernika krātera uzņēmums, iegūts 1966. gada 24. novembrī no ASV mākslīgā Mēness pavadoņa «Lunar Orbiter-2» brīdī, kad tas atradās apmēram 240 km uz dienvidiem no Kopernika krātera un 45 km virs Mēness.



Kopernika krātera aptverošā vaļņa dienvidu daļa 27 km garumā. Aiz vaļņa iekšējās sienas sākas relatīvi līdzens krātera dibens, kura vidū paceļas krātera centrālo kalnu grupa. To augstums sasniedz 600 m un slīpums 30°. Tālāk redzams ļoti neregulārais Kopernika krātera ziemeļu valnis un, beidzot, dibenplānā pret melnajām Mēness debesīm iezīmējas dažas Karpatu kalnu grēdas virsotnes Gē-Lisaka krātera tuvumā.

Sevišķu interesi izraisa īpatnējie pauguri, tā sauktie Mēness kupoli, kas lielā skaitā sastopami Vētru okeānā Mārija krātera tuvumā. Šo pauguru diametrs sasniedz 3—16 km un augstums 300—500 m. Mēness kupolus pirmo reizi detalizēti varēja izpētīt tikai pēc «Lunar Orbiter-2» fotogrāfijām. Zinātnieki atzīst, ka

tie izveidojušies magmas izvirdumu rezultātā. Šo kupolu eksistence ir papildu arguments par labu tai teorijai, kas atzīst, ka Mēness virsma izveidojusies ilgstošu un sarežģītu vulkānisku procesu rezultātā.

1967. gada 4. februārī sekmīgi startēja «Lunar Orbiter-3». No šā Mēness pavadoņa Mēness virsmu fotografēja no 15. līdz 22. februārim. Iegūti apmēram 400 fotouzņēmumi. Amerikāņu Nacionālā aeronautikas un kosmiskās telpas pārvalde NASA (National Aeronautics and Space Administration) paredz ievadīt orbitā ap Mēnesi vēl 2 šāda tipa pavadoņus. Tādējādi astronomu rīcībā nonāks daudzveidīgs selenoloģisks un kartogrāfisks materiāls.

I. Daube



OBSERVATORIJAS UN ASTRONOMI

USURIJKAS SAULES DIENESTS

Lai mēs vienmēr būtu informēti par notikumiem uz Saules un to iespējamām sekām uz Zemes, zemeslodi aptver Saules dienesta tīkls. Tajā goda vietu ieņem Padomju Savienības astronomiskās observatorijas, kas visas kopā vēro Sauli ik dienas 12—16 stundas. Tās izvietotas 110° plātibā no Vladivostokas līdz Līvovai. PSRS Eiropas daļā atrodas vairāk nekā 10 observatorijas, bet joslā no Urāliem līdz Klusajam okeānam tikai 3 — Alma-Atā, Irkutskā un Usurijskā.

Usurijskas Saules stacija ir vienīgā astronomiskā iestāde padomju Tālajos Austrumos. Tā tika organizēta 1953. gadā PSRS Zinātņu akadēmijas Sibīrijas nodaļas Tālo Austrumu filiāles Kalnu taigas bioloģiskās

1. att. Hromosfēras un fotosfēras teleskops АФР-2.

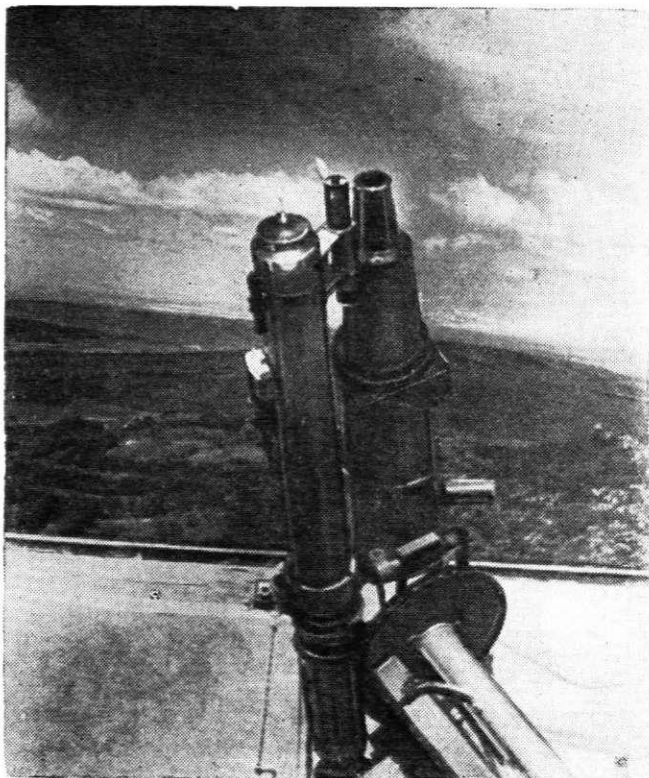
stacijas ietvaros. Pateicoties biologu gādībai, astronomi samērā ātri varēja uzsākt regulāru darbu.

Par novērojumu vietu izvēlējās vienas sopkas virsotni augstu virs jūras līmeņa. Apkārtējā taiga nodrošina ļoti tīru gaisu, tāpēc var iegūt pilnīgi apmierinošus un dažkārt pat teicamus Saules uzņēmumus. Te daudz arī skaidru dienu — Sauli iespējams fotografēt 250 dienas gadā.

Līdz 1954. gada martam veica sagatavošanās darbus — būvēja ceļu, mājiņu un paviljonu. Šā perioda beigās uzstādīja un noregulēja arī stacijas pirmo teleskopu — Maksutova sistēmas standarta fotoheliogrāfu ФГ-1. Ar šo instrumentu

1954. gada martā uzsāka regulārus fotogrāfiskus Saules plankumu novērojumus, ko turpina līdz pat šim laikam. Stacijas pirmie astronomi — V. Baņins un L. Samoilova šajā periodā veica daudz praktiska darba un izgatavoja arī vairākas iekārtas. Viņu pūļu rezultātā Usurijskas Saules stacijā darbs ir ļoti labi organizēts — mūsu novērojumi ļoti labi saskan ar Pulkovas observatorijas un starptautiskajiem Saules plankumu novērojumiem.

Usurijskas Saules stacijas tālāko attīstību ļoti veicināja Starptautiskais ģeofizikas gads — 1957.—1958. gads. Šajā laikā tika saņemti vēl divi instrumenti — hromosfēras un fotosfēras teleskops АФР-2 (1. att.) un radioteleskops. АФР-2 samontēja V. Baņins un N. Osipenko, bet radioteleskopu — inženieris B. Loss. Hromosfēras teleskops sāka darboties 1958. gada februārī. Kopš tā laika Usurijskas astronomi katrā saulainā dienā 4 stundas seko aktīvajiem procesiem Saules hromosfērā — uzliesmojumiem un protuberancēm. Pavisam stacijā registrēts vairāk nekā pusotra tūkstoša hromosfēras uzliesmojumu. 1958. gada 9. maijā, 1959.



gada 12. decembrī un 1961. gada 21. decembrī Usurijskas astronomi hromosfēras teleskopā novēroja varenu vielas izvirdumu — eruptīvās protuberances, kas pacēlās vairāk nekā 10 000 km augstumā virs Saules.

Saules radiostarojuma novērojumi sākās 1959. gada maijā un kopš tā laika tos veic regulāri jebkuros laika apstākļos. Radioteleskops reģistrē daudzveidīgās Saules radioviļņu plūsmas izmaiņas 1,4 m viļņu garumā.

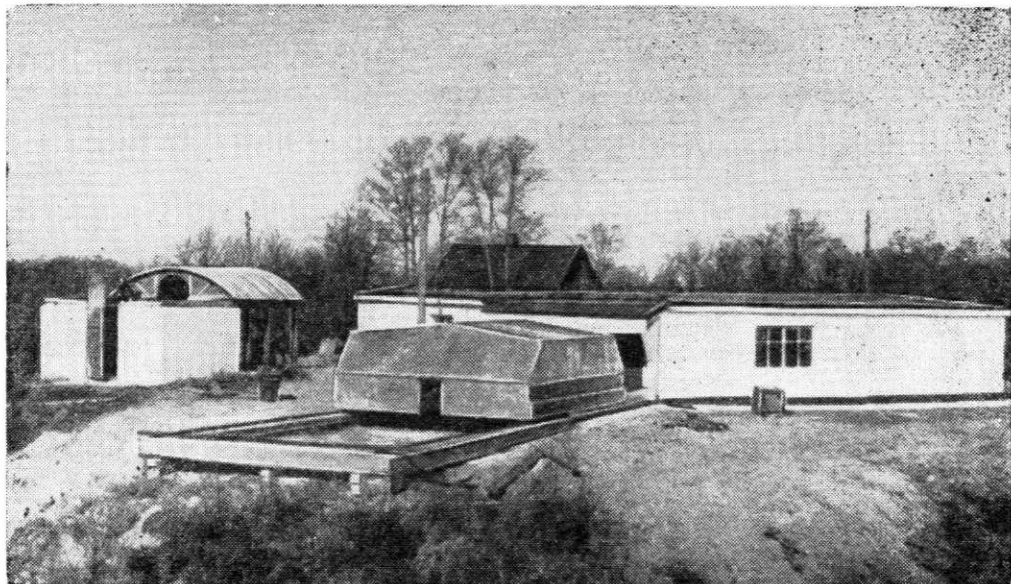
Vēlāk staciju apgādāja ar spektrālajiem instrumentiem. 1962. gadā N. Osipenko, V. Sterļagovs un V. Čistjakovs samontēja horizontālo Saules teleskopu АЦУ-23. Šā instrumenta galvenā spoguļa tiešajā fokusā veidojas Saules attēls 12,5 cm diametrā. Tas projicējas uz spektrogrāfa ДФС-13 spraugas. Spektrogrāfa dispersija — 4 Å/mm. Ar šo teleskopu ļoti ērti fotografēt ātro procesu — uzliesmojumu un protuberanču — spektrus. Ekspozīcijas laiks Saules diska centra spektra fotografēšanai — tikai 0,02 sekundes, tāpēc instrumentālie un atmosfēras traucējumi te reducējas līdz nullei. Ar šo teleskopu E. Surkovs noteicis Saules plankumu gaišo gredzenu spožuma sadalījumu dažādos viļņu garumos.

Starptautiskā mierīgā Saules gada laikā Usurijskas stacija saņēma lieljaudas instrumentu — horizontālo Saules teleskopu АЦУ-5. Šim instrumentam paviljonu būvēja būvbrigāde un zinātniskie darbinieki kopīgiem spēkiem. Teleskopu un tā spektrogrāfu montēja N. Sterļagovs, N. Osipenko un V. Čistjakovs, tādējādi ietaupot 22 tūkst. rbļ. Ar šo teleskopu kopš 1965. gada veic fotogrāfiskus Saules novērojumus, bet kopš 1966. gada janvāra — Saules plankumu magnētisko lauku mērījumus.

Tagad stacijā tātad darbojas 4 teleskopi, kas reģistrē aktīvos procesus Saules fotosfērā, hromosfērā un vainagā. Novērojumu rezultātus pa telegrāfu ik dienas nodod Sibīrijas Zemes magnētisma, jonosfēras un radioviļņu izplatīšanās institūtam Irkutskā, tāda paša nosaukuma institūtam Maskavas tuvumā, bet reizi mēnesī tos nosūta Kislovodskas Kalnu astronomiskajai stacijai, Krimas astrofizikas observatorijai un Taškentas astronomiskajai observatorijai. Novērojumi regulāri tiek publicēti arī biļetenā «Солнечные данные», kuru izdod PSRS Galvenā astronomiskā observatorija Pulkovā.

Lai gan Usurijskas stacijas galvenais uzdevums ir Saules dienests — aktivitātes parādību reģistrācija un apraksts saskaņā ar vispārējām instrukcijām, tomēr stacijas zinātniskais personāls daudz pūļu veltī arī Saules aktivitātes procesu pētījumiem.

Pētnieciskais darbs stacijā tika plaši izvērsti Starptautiskā ģeofizikas gada laikā. Kopš 1958. gada stacijas zinātniskie līdzstrādnieki publicējuši vairāk nekā 50 zinātnisku darbu. Īpaši jāatzīmē sīki apraksti par dažām interesantām Saules aktivitātes parādībām, kuru liecinieki bijuši vienīgi Usurijskas astronomi. V. Baņins ir veicis pētījumu ciklu par hromosfēras uzliesmojumu fizikālajām īpašībām. Šos pētījumus viņš 1962.—1965. gadā turpināja Krimas astrofizikas observatorijā, un uz tiem pama-



2. att. Teleskopu АФР-2 un АЦУ-5 paviljoni.

tojas viņa kandidāta disertācija. Saules aktivitātes cikliskuma un plankumu fizikas problēmām veltīti V. Čistjakova pētījumi, kas apkopoti viņa kandidāta disertācijā.

Pašreiz stacijas līdzstrādnieki nodarbojas galvenokārt ar Saules plankumu fizikālo īpašību pētījumiem.

No jaunajiem darbiniekiem jāmin E. Surkovs, kurš 2 gadu laikā uzrakstījis jau vairākus darbus par plankumu fotometriskiem un spektrofotometriskiem novērojumiem.

Neraugoties uz to, ka Usurijskas Saules dienesta stacija atrodas dziļi taigā, tās darbinieki tomēr nejūtas atrauti no vispārējās zinātniskās dzīves. Viņu rīcībā ir teicama zinātniska bibliotēka, iespējams regulāri apmeklēt citas observatorijas, lai iepazītos ar pētījumu metodēm un konsultētos par zinātniskā darba jautājumiem. Stacijas darba zinātniskā un metodiskā vadība uzticēta pazīstamajam Saules magnētisko lauku pētniekam — Sibīrijas Zemes magnētisma, jonosfēras un radioviļņu izplatīšanās institūta direktoram fizikas un matemātikas zinātņu doktoram V. Stepanovam.

V. Baņins, V. Čistjakovs



ATEISTA STŪRĪTIS

M. IRBINS

ŅŪTONA DIEVS



Kad miermīlīgā sarunā ar ateistu ticīgais beidzot izjūt savas pozīcijas vājumu, tad parasti viņš liek uz spēles vēl vienu argumentu: starp izcilajiem zinātniekiem taču bijis daudz tādu, kas ticējuši dievam, piemēram — Ņūtons. Vai tas nenozīmē, ka zinātniska pieeja un reliģiska dabas uztvere itin labi saderas kopā?

Lai noskaidrotu šo jautājumu, kā ticīgajam, tā arī ateistam der iepazīties ar Ņūtona domām par dieva eksistenci un būtību. Savus uzskatus lielais zinātnieks izklāstījis sava slavenā darba «Dabaszinātņu matemātiskie pamati» pēdējā nodaļā.

«Ir atzīts, ka augstākās dievības eksistence ir nepieciešama, tāpēc nepieciešams arī, lai dievs visur un mūžam būtu. Tāpēc viņš visā būtībā viscaur sev līdzīgs, viscaur acs, viscaur auss, viscaur jušanas, saprāta un rosmes spēks, taču ne jau cilvēkiem parastajā kārtā, ne mazākā saistībā ar ko miesīgu, bet gan mums pilnīgi nezināmā veidā. Tāpat kā neredzīgais nevar gut priekšstatu par krāsām, tā mēs nespējam iedomāties, kādiem paņēmieniem visgudrākais dievs visu izjūt un aptver. Viņam pat vismazākā mērā nepiemīt kaut kas no ķermeņa vai fiziska izskata, tāpēc viņu nevar nedz redzēt, nedz dzirdēt, nedz izjust, un vispār viņš nav jāpielūdz

kādas miesīgas būtnes veidā. Mums ir priekšstats par viņa īpašībām, taču par viņa būtību mēs nezinām nekā. Mēs redzam ķermeņu tēlus un krasas, dzirdam skaņas, izjūtam ārējās virsmas, uztveram smaržas un garšu, taču iekšējo būtību ne ar jutām, ne ar domām izdibināt nevaram, un jo mazāk mēs varam gūt priekšstatu par dieva būtību.»

Tātad pēc Ņūtona domām, dievs ir kaut kas tāds, ko nevar ne redzēt, ne izjust, ne izprast. Nu jautāsim ticīgajam: vai šāds Ņūtona dievs atbilst viņa reliģiskajām jūtām? Vai ticīgais zina, kā šādu dievu var pielūgt? Un vai nav taisnība, ka Ņūtona izvirzītie dieva eksistences noteikumi ir visai tuvi prasībai iztikt bez dieva jēdziena?

Ar bībeles dievu, kas pirmajā radības dienā veidojis zemi, debesis un gaismu, otrajā — atdalījis zemes ūdeņus no debess ūdeņiem, ceturtajā dienā — radījis Sauli, Mēnesi un zvaigznes, lielais zinātnieks nespēja izlikt. Ņūtons skaidri apzinājās, ka pasaules uzbūve un dabas likumi ir pretrunā bībeles stāstiem, tāpēc jāatmet doma par dievu «miesīgas būtnes veida». Taču Ņūtons, sava laika bērns, nespēja pilnīgi atteikties no dieva idejas.

Zīmīgi, ka Ņūtons uzreiz nesaka «dievs eksistē», bet vispirms konstatē: **«ir atzīts**, ka augstākās dievības eksistence ir nepieciešama.» Tikai pēc šī konstatējuma nāk «jēdziena eksistences» postulāts: **«tāpēc nepieciešams arī, lai dievs visur un mūžam būtu.»** Tātad dieva esamība tiek postulēta, it kā dievs būtu matemātikas jēdziens, par kura atbilstību reālās dabas apstākļiem matemātiķim nav jāraizejas. Līdzīgā kārtā matemātiķis postulē daudzu jēdzienu eksistenci, piemēram, taisnes un plaknes.

Tad matemātiķim jāizdibina jēdziena tālākas konsekvences. To Ņūtons dara arī ar dieva jēdzienu un nonāk pie atziņas, ka dieva *«iekšējo būtību ne ar jūtām, ne ar domām izdibināt nevaram.»*

Nebūs pareizi domāt, ka Ņūtons ar jutekļiem neuztveramā un ar prātu neizdibināmā dieva ideju apguvis zinātnisku pētījumu rezultātā. Gluži otrādi — reliģiskām dogmām atbilstoša pasaules uzskata atmešana bija priekšnoteikums Ņūtona izcilajiem zinātniskajiem atklājumiem. Pretējā gadījumā viņš varbūt kļūtu slavens kā izcils teologs, bet ne kā ģeniāls zinātnieks. Lidz ar to rodas jautājums par cēloņiem un apstākļiem, kas sekmēja Ņūtona atbrīvošanos no reliģijas dogmam.

Šos apstākļus var saskatīt Anglijas sabiedrības attīstībā 17. gs. Toreiz kontroli par saimnieciskās dzīves attīstību valstī jau sāka pārņemt buržuāzija. Šī jauna šķira uzsāka cīņu pret feodālās aristokrātijas politiskajām privilēģijām. Tomēr aristokrātu pusē bija baznīca. Dieva kalpi sludināja, ka dižciltīgo privilēģijas ir paša dieva dotas, un pamatoja šo apgalvojumu ar citātiem kā no Vecās, tā arī no Jaunās derības. Šādai mācībai buržuāzija nevarēja un negribēja piekrist. Bagātam pilsonim bija skaidrs, ka saimnieciskās lietās viņam ir lielāka teikšana nekā papuťējušam aristokrātam — pilsonis to pamatoja ar savām «dabiskajām tiesībām». «Dabis-

kās tiesības» viņi uzskatīja par līdzvērtīgām dabas likumiem, spēcīgākām par feodālām privilēģijām.

Un bagātais eskvairs prātoja tālāk: acīmredzot apgalvojums, ka aristokrātu privilēģijas nāk no dieva, ir pasacīņa; garīdznieki melo, arī stāstot, ka dievs personīgi noteic cilvēku likteņus; īstenībā dabā stāvoklis droši vien esot citāds; dievam nemaz nevajag apgrūtināt sevi ar cilvēku attiecību kārtošānu un vispār pasaules valdišanu, visi mierīgi var paļauties uz dabas likumiem un cilvēku «dabiskajām tiesībām».

So domu gaitu uztvēra, precizēja un nospodrināja filozofi — Ņūtona laikabiedri un arī pats Ņūtons. Viņa pasaules uzskats veidojās sabiedriskās dzīves ietekmē. Viņa jutekļiem neuztveramais un ar prātu neizdibināmais dievs atbilda buržuāzijas interesēm cīņā pret aristokrātu politiskajām privilēģijām. Šis dievs nemaisījās cilvēku darišanās, un arī Ņūtonu viņš netraucēja.



No astronomijas vēstures

KARLAILA MEHĀNISKAIS PLANETĀRIJS

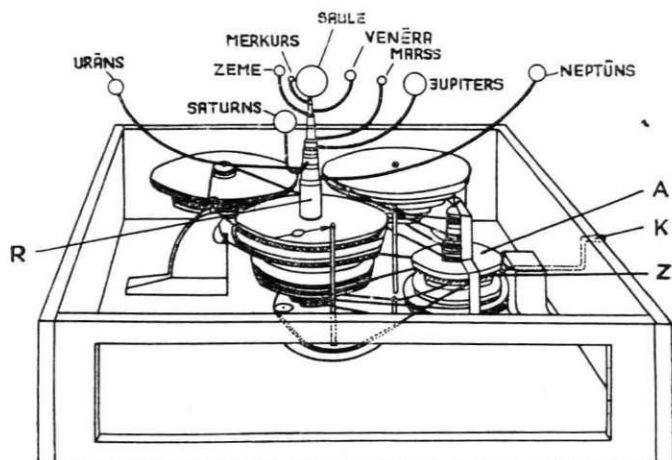
Dedzīgs astronomijas amatieris bija H. Karlails (Carlisle) — stikla fabrikas direktors Spārē. Viņš pagatavoja mehānisku planetāriju (1. att.) un tā aprakstu ievietoja Rīgas astronoma Ādolda Rihtera 1906. gada kalendāra slejās. Lūk, šā apraksta saīsināts tulkojums:

Mans paštaisītais planetārijs attēlo planētu kustību. Tajā nav pulksteņa mehānisma, tāpēc tas katru dienu jāuzgriež. Šim nolūkam noder kloķis K, ar ko tiek virzīts skritulis A. Stieņa otrajā galā iestiprināts zobrats Z, kas sajūgts ar skrituļa lielo zobratu. Kloķa pilns apgrieziena atbilst planētu septiņu dienu gaitai, skrituļa pilns apgrieziena — 365,25 dienu kustībai, tātad veselam Zemes gadam.

Planetārija centrālo konstrukciju veido septiņas koaksiālas misiņa caurules R, kas nostiprinātas tā, lai katras caurules griešanās ap asi netraucētu citu cauruļu griešanos. Katras caurules augšējā galā iestiprināts turētājs ar attiecīgu planētu. Caurules apakšējais gals saistīts ar attiecīgu pamatskrituļa zobratu.

Kā zināms, dažas planētas kustas ātrāk par mūsu Zemi, bet citas — lēnāk. Lai attēlotu šo kustību, izlietota sekojoša ierīce. Uz skrituļa A nostiprināti 8 zobрати, katrai planētai savs. Četru Saulei tuvāko planētu

1. att. Karlaila mehāniskā planetārija shēma.



(Merkurs, Venēra, Zeme un Marss) iekustināšanai izlietotas ķēdītes, kas savieno skrituļa zobratu ar zobratiem, kuros iestiprinātas planētām atbilstošās caurules. Tātad kustība 4 planētu griešanai tiek pārnesta tieši.

Tā kā starpība starp Jupitera un Zemes apgriešanās laiku ap Sauli ir pārāk liela (1:12), tad šo kustību tieši pārnest nevar. Tāpēc šeit attiecīgā ķēdīte iekustina vispirms citu, trīsreiz lielāku skrituli, uz kura ass nostiprināts mazais skritulis. No šā mazā skrituļa pa citu ķēdīti kustība tiek pārnesta uz Jupitera zobratu. Tādā kārtā Jupiteru virza ar diviem kustības pārnēsumiem, 1. — ar pārnēsuma skaitli 1:3, 2. — 1:4. Šā iemesla dēļ Jupitera leņķa ātrums ir 12 reizes mazāks par dzinējleņķa leņķa ātrumu. Saturnam, Urānam un Neptūnam bija jātaisā trīs pārnēsumi katram: Saturnam — 8:22, 8:22, 22:31, Urānam — 1:4, 1:4, 16:21; Neptūnam — 1:5, 1:5, 40:53.

Ķēdīte, kas pārnēs leņķa kustību uz Zemes zobratu, iekustina vēl trešo skrituli. Šā skrituļa asi iestiprināts rādītājs, kas rāda atbilstošo kalendāra datumu. (Attiecīgā ciparnīca zīmējumā nav parādīta.) Līdz ar to planetāriju var iestādīt jebkurai dienai atbilstošā stāvoklī.

Planētu attālumi izkārtoti tā, lai 1 mm atbilstu $2 \cdot 10^6$ angļu jūdzēm. Taču Urāna attālums samazināts 1,5 reizes un Neptūna attālums 2 reizes, jo pretējā gadījumā ierīce iznāktu pārāk liela.

I. Rabinovičs



Mums jautā — mēs atbildam

Lūdzu paskaidrot, kā Špicbergenā, Grenlandē un Antarktīdā varēja izveidoties augu valsts, no kuras atliekām uzkrājušies milzīgie akmeņogļu krājumi. Tāpat lūdzu pastāstīt par daudzkārt dzirdēto kontinentu peldēšanu, kas šķiet visai fantastiska, jo kā gan var peldēt 35 km biezi Zemes garozas slāņi? Vēlos arī zināt, vai Zemes ass slīpums attiecībā pret orbītas plakni senatnē varēja būt citāds un kāds tam izskaidrojums?

I. Mančinska

Sakarā ar I. Mančinskas vēstuli sniedzam Latvijas PSR ZA Astrofizikas laboratorijas korespondējošās zinātniskās līdzstrādnieces N. Ozoliņas atbildi.

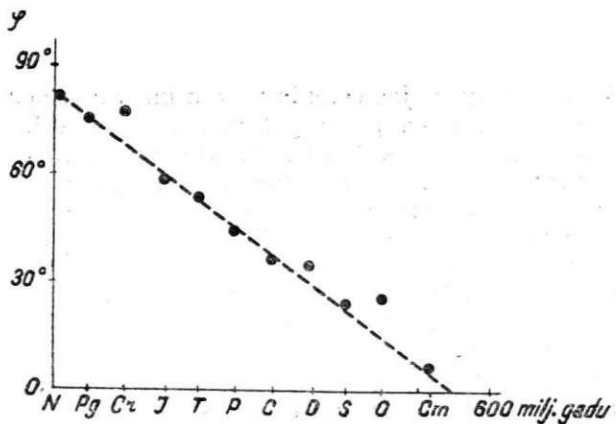
KAD ŠPICBERGENĀ AUGA MEŽI...

Mūsu gadsimtā savākts daudz materiālu par Zemes polu migrāciju.

Iežu sastāvs un pārakmeņojušās augu un dzīvnieku atliekas norāda uz likumsakarīgu klimatisko joslu maiņu dažādos ģeoloģiskos periodos. Seno klimatisko joslu izplatība ļauj secināt, ka pirms apmēram 500 milj. gadu Ziemeļpols atradies Klusā okeāna Centrālajā daļā. 200—300 miljonu gadu laikā pols «aizceļoja» līdz Aleutu salām. Pa šo laika sprīdi arī radās Špicbergenas, Grenlandes un Antarktīdas akmeņogļu krājumi. Apmēram pirms 60—100 milj. gadu Ziemeļpols «ieradās» tagadējos Arktikas rajonos, kur vēl pirms dažiem simtiem miljonu gadu bija tāds pats klimats kā Latvijā tagad.

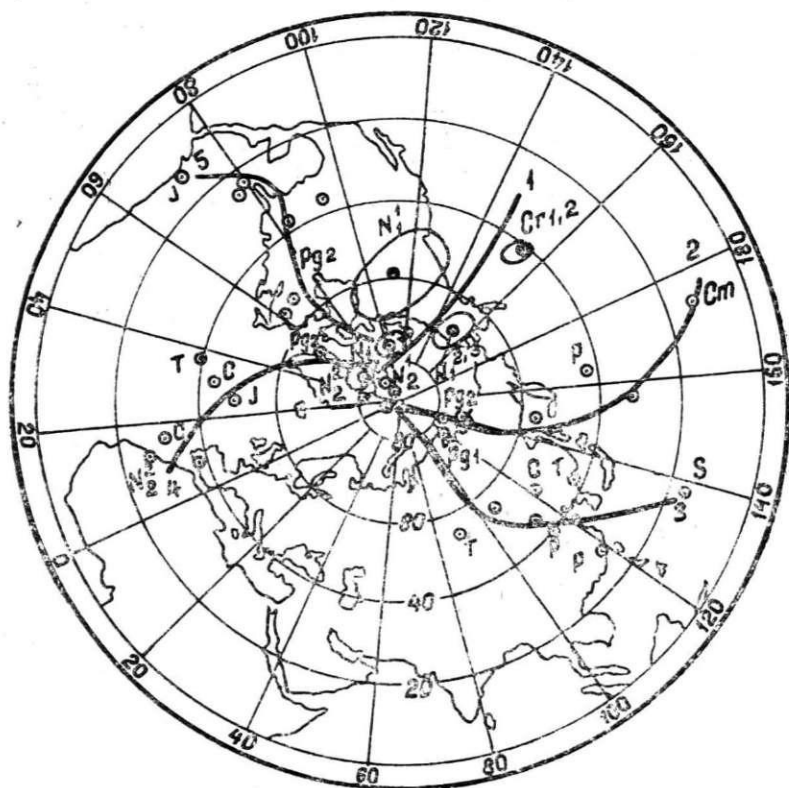
Neatkarīgi no ģeoloģiskiem pētījumiem par polu likumsakarīgu pārvietošanos liecina arī paleomagnetoloģiskie mērījumi. Paleomagnetoloģija pēta Zemes magnētiskā lauka vēsturi. Daudzos iežos labi saglabājušies Zemes seno ēru magnētiskā lauka spēka līniju «nospiedumi». Šo līniju orientācija atļauj aprēķināt magnētisko polu koordinātes. Paleomagnetoloģiskie pētījumi liecina, ka Zemes poli 500—600 milj. gadu pārvietojušies no ekvatora joslas uz augstākiem platuma grādiem vidēji par $0^{\circ},147$ katrā gadu miljonā (1. att.). Par polu migrāciju mūsdienās liecina tiešie astronomiskie novērojumi, kurus veic Starptautiskais Platumu Dienests. Balstoties uz šiem datiem, šā dienesta zinātniskais līdzstrādnieks A. Orlovs aprēķinājis, ka Zemes poli pārvietojas vidēji par $0'',004$ gadā.

Polu pārvietošanās cēloņus izskaidro daudzas, bieži vien pretrunīgas hipotēzes. Viena zinātnieku grupa uzskata, ka nav izslēgta Zemes virsējo sfēru slidēšana ap Zemes kodolu. Tas iespējams tādā gadījumā, ja Zemes



1. att. Paleomagnētisko polu platums atkarībā no ģeoloģiskā vecuma. Ģeoloģiskie periodi apzīmēti ar pieņemtajiem saīsinājumiem: *N* — pašreizējais stāvoklis; *Pg* — paleocēna; *Cr* — krīta; *I* — jūras; *T* — triasa; *P* — permijas; *C* — karbona; *D* — devona; *S* — silūra; *O* — odonika; *Cm* — kembrija periods.

mantija ir nevienmīga, piemēram, ja zem okeāniem tā ir blīvāka, bet zem kontinentiem mazāk blīva. Tas rada centrāles momentu, kas griež mantiju ap kodolu.



2. att. Paleomagnētisko polu pārvietošanās līnijas pēc dažādu valstu zinātnieku novērojumu materiāliem: 1 — Japānas; 2 — Eiropas; 3 — Ziemeļamerikas; 4 — Austrālijas; 5 — Indijas.

Citi zinātnieki uzskata, ka polu migrācijas cēlonis varētu būt atsevišķu Zemes sastāvdaļu pārvietošanās. Tā, laika gaitā pat visaugstākie kalni tiek nolīdzināti līdz ar jūras līmeni, un visi kalnu ieži parvietojas uz tuvējām jūrām un zemienēm. Nav izslēgta arī vielas pārtecēšana Zemes mantijā. Zemes iekšējo un ārējo masu pārvietošanās liek mainīties Zemes inerces momentam. Ar inerces momentu saskaņojas Zemes rotācijas ass stāvoklis (polu migrācija) un rotācijas ātrums.

Beidzot jāatzīmē, ka dienas gaismā izvilktā arī kontinentu dreifa hipotēze. So hipotēzi apstiprina daudzi jauni atklājumi Zemes fizikā.

Kā piemēru var minēt paleomagnētiskos pētījumus, par kuriem runājam iepriekš. Tie katrā kontinentā uzrāda savu pola pārvietošanās trajektoriju (2. att.). Sos datus var apvienot, ja pieņem, ka agrākajos ģeoloģiskajos periodos bija citāds kontinentu stāvoklis. Okeanoloģiskie pētījumi rāda, ka okeānu gultnes šķel vesela sistēma savstarpēji ortogonālu plaisu. Arī šo faktu iztulko par labu kontinentu dreifa hipotēzei. Patiesībā kontinentu dreifa hipotēze kļuvusi par Zemes paplašināšanās hipotēzes sastāvdaļu. Zemes fizikālo īpašību pētnieki mūsdienas atzīst vairākas Zemes attīstības hipotēzes. Vieni aizstāv vecu veco kontrakcijas hipotēzi par Zemes saraušanos atdzīstot un tās garozas krokošanos, samazinoties Zemes rādiusam. Citi uzskata, ka Zeme periodiski maina savu rādiusu — te tas samazinās, te palielinās. Trešā zinātnieku grupa cenšas pierādīt, ka Zemes rādiuss nepārtraukti palielinās. Ungāru zinātnieks L. Eģets pat aprēķinājis, ka Zemes rādiuss katru gadu palielinās par 0,4—0,8 mm. Zemei paplašinoties, tās garoza saplaisā un pa plaisām augšup ceļas smagā mantijas magma. Milzīgas planetāra mēroga plaisu sistēmas sašķel un atdala citu no cita viengabalainos Zemes garozas apgabalus, kurus plaisāšana skārusi mazāk. Tie var būt pat veseli kontinenti, kas, Zemei paplašinoties, var attālināties cits no cita. Šādā veidā var izskaidrot kontinentu pārvietošanos, atsakoties no priekšstata par to «peldēšanu».

N. Ozoliņa



HRONIKA

«ZVAIGZNOTĀS DEBESS» AUTORU TIKŠANĀS AR LASITĀJIEM

Rakstnieku grāmatnīcas kolektīvs (direktore Aina Bezikova) izveidojis skaistu un lietderīgu tradīciju — lasītāju tikšanos

ar grāmatu autoriem. Šā gada 13. aprīlī pēcpusdienu bija veltīta «Zvaigžņotajai debessij», kuras autori lasītāju priekšā stājās pirmo reizi. Gaumīgi iekārtotajā grāmatnīca bija sapulcējušies vairāki desmiti interesentu. Vispirms A. Balklavs pastāstīja par

jaunākajiem atklājumiem radioastronomijā, kā arī rentgena un gamma staru astronomijā, skarot kosmoloģijas problēmas I. Daube sniedza pārskatu par Zemei tuvāko kosmisko telpu un Saules sistēmas ķermeņiem, sīkāk pakavējoties pie mazajām planētām, kuras jau ilgu laiku pēta Rīgas astronomi. Tika apskatīts arī jautājums par Ikara tuvošanos Zemei, par ko bija rakstīts «Zvaigžņotās debess» 1967. gada ziemas numurā. I. Rabinovičs pievērsās astronomijas vēstures jautājumiem, sevišķi ievērojamā kosmonautikas pioniera Fridriha Candra māsas Margarētas Canderes atmiņām par savu brāli (pirmpublicējums «Zvaigžņotās debess» 1967. gada ziemas numurā).

Beigās izraisījās ļoti dzīva domu apmaiņa par rakstu saturu un kvalitāti, kā arī par astronomijas sasniegumu propagan-

du vispār. Izrādījās, ka lasītāji vēlas saņemt daudz vairāk informācijas, t. i., daudz biežāku kārtējo «Zvaigžņotās debess» izdevumu, jo latviešu valodā presē pēdējā laikā parādās maz nopietnu rakstu par astronomiju. Tur galvenokārt iespēj tikai ziņas par kosmonautikas sasniegumiem un fantastiskus apcerējumus. Tāpat lasītāji vēlas par aktuāliem astronomijas jautājumiem noklausīties publiskas lekcijas.

«Zvaigžņotās debess» autori ir ļoti pateicīgi Rakstnieku grāmatnīcas direktorei Ainaī Bezikovai un tikšanās vadītājai Baībai Kurzemniecei, kā arī visam grāmatnīcas kolektīvam par iespēju uzklaut lasītāju domas un aizrādījumus.

I. Daube



ZVAIGŽŅOTĀ DEBESS 1967. GADA VASARĀ

PAR PŪĶI, KURŠ NEKAD NEAIZMIEG ...

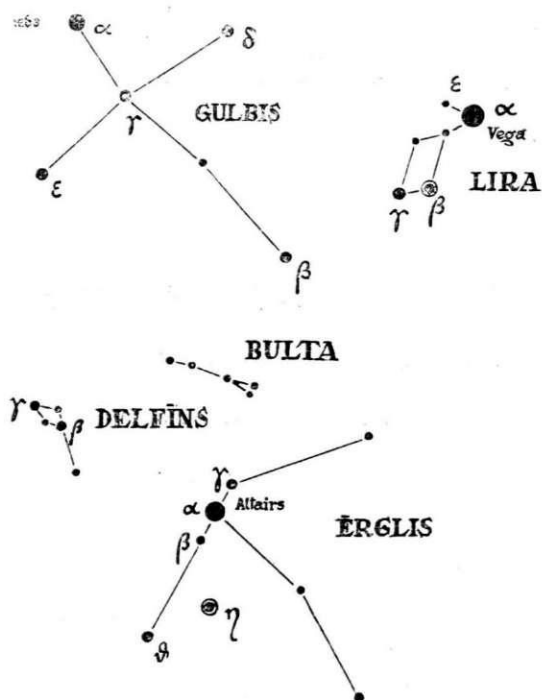
KAD SAKAS GADALAIKI?

Astronomiskā vasara ziemeļu puslodē šogad sākas 22. jūnijā plkst. 5st 23^m, beidzas 23. septembrī plkst. 20st 38^m. Katrs droši vien ir ievērojis, ka gadalaiki katru gadu mainās citā laikā. Piemēram, 1966. gada vasara sākās 21. jūnijā plkst. 23st 33^m, bet 1965. gada vasara — 21. jūnijā plkst. 17st 56^m. Kāpēc tas tā? Atbilde ir pavisam vienkārša. Astronomiskie gadalaiki sākas momentos, kad Saules centrs nonāk noteiktos ekliptikas punktos: pavasaris un rudens — kad Saules centrs atrodas pavasara vai rudens punktos, t. i., ekliptikas un ekvatora krustpunktos, bet vasara un ziema — Saulei nonākot vasaras vai ziemas saulstāvju punktos, t. i., punktos, kur Saulei ir vislielākā iespējamā ziemeļu vai dienvidu deklinācija. Laika sprīdi starp divām sekojošām Saules centra cauriešanām caur pavasara punktu sauc par tropisko gadu. Tā garums — 365 dienas 5 stundas 48 minūtes 46,1 sek. Tikpat ilgs laiks paiet arī starp divu sekojošu rudenju, ziemu vai vasaru sākumiem. Turpretī kalendārajā gadā ir pilns dienu skaits — 365 dienas īsajā un 366 dienas garajā gadā. Tropiskā un kalen-

dārā gada nevienādā garuma dēļ jebkurš tropiskā gada moments pēc kalendāra katrreiz iekrīt citā laikā.

5. jūlijā plkst. 18st Zeme atrodas afēlijā. Šajā laikā tā ir apmēram par 5 milj. km tālāk no Saules nekā janvāra sākumā, kad Zeme atrodas perihēlijā.

TEIKSMAINAIS «VASARAS TRIJSTŪRIS»



1. att. «Vasaras trijstūra» zvaigznāji.

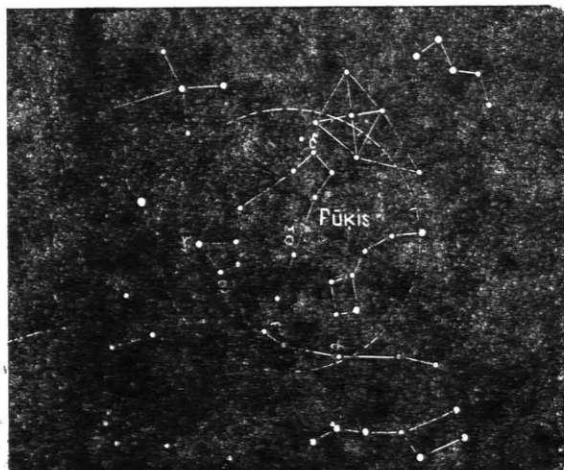
Vasaras vakaros tūlīt pēc Saules rieta debess dienvidu pusē cita pēc citas iemirdzas trīs spožas zvaigznes. Spožākā no tām ir zilganbaltā Vega — Liras zvaigznāja α , spožākā ziemeļu puslodes zvaigzne. Hermess Liru esot uzdāvinājis Apolonam, bet tas to atdevis savam dēlam Orfejām. Orfejs spēlēja Liru tik brīnišķīgi, ka klausījušies ne tikai cilvēki, bet arī zvēri un koki. Pa kreisi no Liras redzams liels zvaigžņu krusts. Senās zvaigžņu kartēs tajā vietā attēlots pa Putnu Ceļu uz dienvidiem lidojošs gulbis. Gulbja spārnī izplesti gandrīz paralēli debess ekvatoram. Sengrieķu teikas stāsta, ka tas esot pats Zevs, kas, slēpdamies no Hēras, lidojot uz satikšanos ar Ledu. Spožā zvaigzne Gulbja astē ir Denebs. Tālāk uz dienvidiem atrodas Ērglis, tas pats Ērglis, kas Olimpā sēdējis blakus Zevam. Zvaigznāja spožākā zvaigzne ir Altair — Ērgļa acs.

Vega, Denebs un Altair veido tā saukto «vasaras trijstūri», raksturīgu zvaigžņu grupu pie vasaras debess (1. att.).

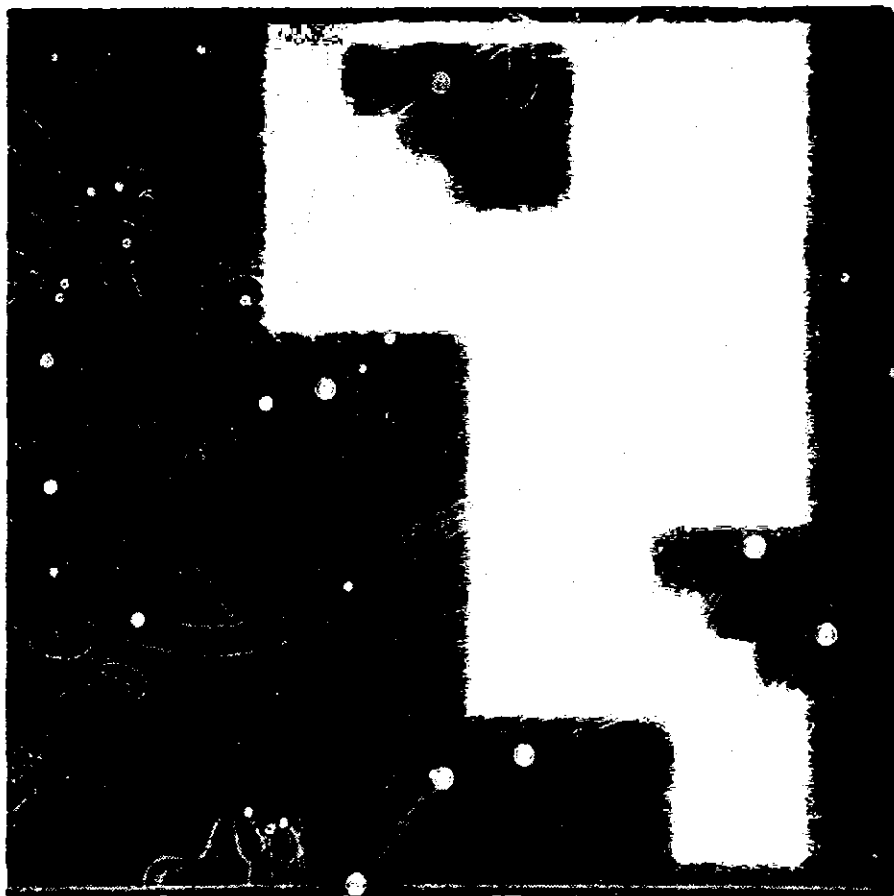
Netālu no Vegas redzama fantastiskā briesmoņa Pūka galva, ko veido četras spožas zvaigznes. Tā ķermenis vijas starp Lielā un Mazā Lāča zvaigznājiem. Pūki pazina jau senie grieķi. Teikas stāsta, ka tas sargājis Hesperīdu dārzā zelta ābolus, ko Zevam un Hērai kāzu dienā dāvinājusi Zeme, un nekad neaizmidzis. Pūki uzvarējis Herkules. Tas bijis viņa vienpadsmitais varoņdarbs. Pūkis ir nenorietošs zvaigznājs, tātad tas tiešām nekad neaizmieg.

PŪKA α — EKSPOLĀRZVAIGZNE UN... TĀLAS NĀKOTNES POLĀRZVAIGZNE

Apmēram pirms 4000—5000 gadiem Pūkim bija ne tikai modra sarga slava. Tā spožākā zvaigzne α jeb Tubans, parasta 3. lieluma zvaigzne, tajā laikā atradās pavisam tuvu pasaules ziemeļpolam un tātad izpildīja polārsvaigznes lomu. Diemžēl, šo godu Pūka α samērā ātri zaudēja. Precesijas dēļ pasaules pols lēni pārvietojas starp zvaigznēm un tagad atrodas Mazā Lāča zvaigznes α tuvumā (2. att.). Taču paies vēl 22 000 gadu un senā godība atgriezīsies — Pūka α atkal būs polārsvaigzne. Pie debess tā redzama tieši vidū starp Mazā Lāča γ un Lielā Lāča ξ (3. att.).



2. att. Pasaules ziemeļpola pārvietošanās starp zvaigznēm precesijas dēļ. M — ekliptikas pols.



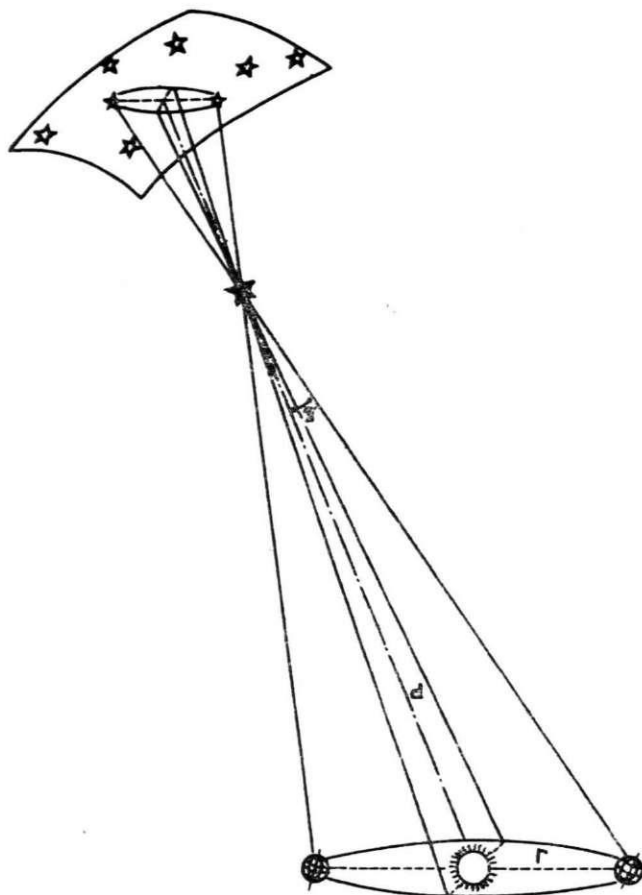
3. att. Debess apgabals ar Lielajiem un Mazajiem Greizajiem Ratiem (Lielo un Mazo Lāci) un Pūķi pēc O.Tomasa. Trešā zvaigzne no Pūķa astes gala ir Pūķa α .

PUĶIS PALIDZ ASTRONOMIEM

Arī Pūķa zvaigznei γ , kas atrodas Pūķa galvā un saucas par Etaminu vai Eltanīnu, ir sava vēsture. 1669. gadā angļu zinātnieks R. Huks mēģināja noteikt šīs zvaigznes paralaktisko novirzi, taču viņa mērījumi nedeva rezultātus.

Zemei kustoties ap Sauli, mainās mūsu skata virziens uz zvaigzni un tā šķietami pārvietojas pa debess sfēru, gada laikā aprakstidama nelielu

4. att. Zvaigznes paralaktiskā novirze, Zemei kustoties ap Sauli.



elipsi — Zemes orbītas savdabīgu atspoguļojumu. Šo parādību sauc par zvaigznes paralaktisko novirzi (4. att.). Jo tālāk atrodas zvaigzne, jo mazāka ir tās paralaktiskā novirze.

Zvaigžņu paralaktisko novirzi mēģināja noteikt daudzi zinātnieki, sākot jau ar Koperniku. Ar to būtu ne tikai eksperimentāli pierādīta Zemes kustība ap Sauli, t. i., apstiprināta Kopernika heliocentriskās sistēmas pareizība. Tas dotu iespēju noteikt attālumus līdz zvaigznēm. Taču ilgu laiku visi mēģinājumi beidzās neveiksmīgi. Kopernika pretinieki gavilēja: paralaktiskās novirzes nav! — Zeme nekustas! — Kopernika teorija nepareiza! Tagad mēs zinām, ka zvaigžņu paralaktiskās novirzes eksistē, kaut gan tās ir ļoti niecīgas. Skaidrs ir arī tas, ka 16.—18. gs. zinātnieku neveiksmju cēlonis bija instrumentu neprecizitāte.

1725. gadā Pūča γ sāka novērot angļu astronoms Dž. Bredlijs, lai noteiktu tās paralaktisko novirzi. Rūpīgi novērojumi vairāku gadu laikā parādīja, ka γ tiešām periodiski mainās ekvatoriālās koordinātes, tomēr tā nav paralaktiskā novirze, jo vērsta Zemes kustības virzienā, kamēr paralaktiskā novirze ir tai perpendikulāra. Izrādījās, ka Bredlijs bija atklājis tā saucamo gaismas aberāciju (aberration — angļiski novirzīšanās, nomaldīšanās).

Lai lietussargs gājējam lietussargs jānoliec slīpi uz priekšu pat tad, ja lietussargs lāses krit vertikāli. Slīpumam pie tam jābūt jo lielākam, jo ātrāk gājējs pārvietojas. Šo parādību var nosaukt par lietussargs aberāciju. Sakarā ar to, ka Zeme kustas, lai «noķertu» zvaigznes gaismas staru, teleskops jānoliec Zemes kustības virzienā. Novērotājam pie tam liekas, ka novirzījies pati zvaigzne. Tā ir gaismas aberācija.

Pēc aberācijas atklāšanas Bredlijs nepārtrauca novērot Pūķa γ. Uzdevums bija kļuvis sarežģītāks — no zvaigznes redzamās novirzes vajadzēja atdalīt aberāciju un izmērit paralaktisko novirzi. Divdesmit gadu neatlaidīga darba, un atklāta vēl viena jauna parādība — nutācija — Zemes ass nelielas svārstības ar 19 gadu periodu, kas klājas pāri precesijas kustībai un rada šķietamas zvaigznes svārstības (ar tādu pašu periodu) pie debess sfēras.

Noteikt zvaigžņu paralaktisko novirzi arī Bredlijam neizdevās, taču Zemes kustībai ap Sauli viņš deva neapstrīdamu pierādījumu. Ja Zeme nekustētos, nebūtu gaismas aberācijas.

BET MANU SMADZEŅU SŪNAS AR TELESKOPU STIKLIEM CEĻU LIDZ TĀLĀKAI ZVAIGZNEI MĒRO...

J. Sirmbārdis

Pirmoreiz izmērit zvaigznes paralaktisko novirzi un noteikt attālumu līdz tai izdevās tikai 1836. gadā krievu zinātniekam V. Strūvem. Tā bija mums labi pazīstamā Vega — skaistākā un spožākā ziemeļu puslodes zvaigzne. Vegu V. Strūve izvēlējās triju iemeslu dēļ: tā atradās tuvu ekliptikas polam, bija ļoti spoža un tai bija liela īpatnējā kustība. Divu pēdējo iemeslu dēļ varēja domāt, ka Vega ir Sauli tuva zvaigzne un tai ir samērā liela paralaktiskā novirze. Tagad mēs zinām, ka līdz Vegai ir 26 gaismas gadi jeb apmēram 250 000 milj. km. Gandrīz vienlaicīgi ar V. Strūvi zvaigznes Gulbja 61 attālumu no mums noteica F. Besels Vācijā, bet Centaura α attālumu — T. Hendersons Dienvidāfrikā. Kā izteicās Dž. Heršels, siena, kas traucēja astronomiem iekļūt zvaigžņu pasaulē, bija sagrauta.

VĒLREIZ PAR PŪĶI

Pūķa zvaigznājā ir arī dažas spožas dubultzvaigznes. Optiska dubultzvaigzne ir v. Cilvēks ar ļoti labu redzi var saskatīt tās vietā divas 4. lieluma zvaigznītes, kas atrodas 61'' attālumā viena no otras. Dubultzvaigznes ir arī ε un μ. To sadalīšanai komponentos vajadzīgi jau diezgan spēcīgi instrumenti.

Merkurs jūlija sākumā nav redzams, 9. jūlijā tas atrodas konjunkcijā ar Sauli. Pamazām redzamība uzlabojas, jo *Merkurs* tuvojas savai rietumu elongācijai un lec arvien agrāk par Sauli. Vislielākajā rietumu elongācijā tas atrodas 30. jūlijā (20° uz rietumiem no Saules). *Merkurs* pārvietojas pa Dvīņu zvaigznāju un redzams gandrīz līdz augusta vidum. 24. augustā tas atkal ir konjunkcijā ar Sauli, bet 9. oktobrī — vislielākajā austrumu elongācijā. Taču šajā periodā redzamība nav laba. *Merkurs* labi redzams novembrī. 17. novembrī tas atrodas vislielākajā rietumu elongācijā (19°) un ap šo laiku lec apmēram pusotras stundas pirms Saules lēkta. Atrodas Svaru zvaigznājā.

Venēra vasaras sākumā vakaros redzama Lauvas zvaigznājā. Kopš jūlija vidus tās redzamība strauji pasliktinās, un augustā tā vairs nemaz nav redzama, jo 29. augustā nonāk konjunkcijā ar Sauli. Ap septembra vidu *Venēra* atkal parādās virs horizonta, tikai tagad tā lec agrāk par Sauli un tātad redzama kā Rīta zvaigzne debess austrumu pusē Lauvas zvaigznājā. Redzamība uz vasaras beigām uzlabojas. 9. oktobrī tā atrodas vislielākajā rietumu elongācijā (47°). Redzama visu oktobri (Lauvas zvaigznājā) un novembrī (Jaunavas zvaigznājā).

Marss līdz pat gada beigām vakaros redzams dažas stundas pēc Saules rieta. Tas pārvietojas pa Jaunavas, Svaru, Skorpiona, Cūskneša un Strēlnieka zvaigznājiem.

Jupiters vasaras sākumā riet ļoti drīz pēc Saules rieta, bet augustā nav vairs redzams, jo 8. augustā atrodas konjunkcijā ar Sauli. *Jupiters* atkal parādās augusta beigās no rītiem pirms Saules lēkta debess austrumu pusē. Redzamības laiks strauji palielinās un vasaras beigās jau sasniedz trīs stundas. Jūlijā pārvietojas pa Vēža, bet septembrī — pa Lauvas zvaigznāju. Oktobrī un novembrī *Jupiters* redzamības laiks vēl pagarinās. Tas redzams nakts otrajā pusē Lauvas zvaigznājā.

Saturns jūlijā redzams nakts otrajā pusē, bet pārējos vasaras mēnešos un arī rudenī — visu nakti. *Saturns* pārvietojas pa Zivju un Valzivs zvaigznājiem.

Urāns vasaras mēnešos nav redzams.

MĒNESS

☾ (pēdējais ceturksnis)

29. jūnijs	plkst. 21 st 40 ^m ,
29. jūlijs	15 15 ,
28. augusts	8 35 ,
26. septembris	0 44 ,
26. oktobris	15 04 ,
25. novembris	3 24 .

☉ (jauns Mēness)

7. jūlijs	plkst. 20 st 01 ^m ,
6. augusts	5 49 ,
4. septembris	14 37 ,
3. oktobris	23 24 ,
2. novembris	8 49 .

3 (pirmais ceturksnis)

14. jūlijs	plkst. 18 ^h 53 ^m ,
12. augusts	23 45 ,
11. septembris	6 06 ,
10. oktobris	15 11 ,
9. novembris	4 00 .

4 (pilns Mēness)

21. jūlijs	plkst. 17 ^h 40 ^m ,
20. augusts	5 27 ,
18. septembris	20 00 ,
18. oktobris	13 11 ,
17. novembris	7 53 .

Mēness apogejā (vistālāk no Zemes) Mēness perigejā (vistuvāk Zemei)

30. jūnijā	plkst. 23 ^h ,	14. jūlijā	plkst. 23 ^h ,
28. jūlijā	17 ,	9. augustā	18 ,
25. augustā	12 ,	6. septembrī	11 ,
22. septembrī	3 ,	4. oktobrī	17 ,
19. oktobrī	11 ,	2. novembrī	5 ,
15. novembrī	11 .	30. novembrī	16 .

Ā. Alksne

Z. ALKSNE

VAI JŪS TO ZINĀT PAR POLĀRZVAIGZNI?

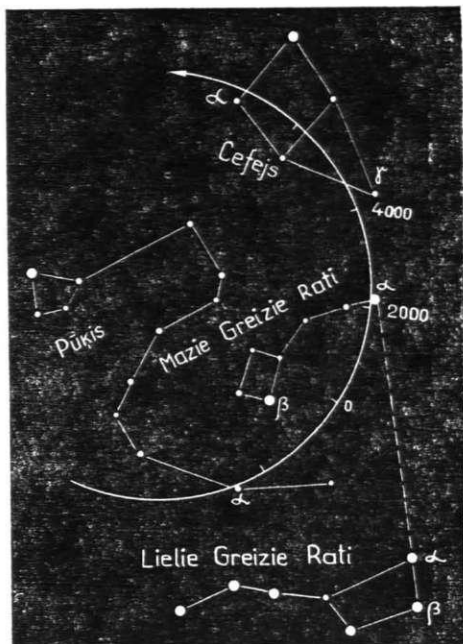
Raksturīgos Lielo un Mazo Greizo Ratu zvaigznājus mēs, ziemeļu zemju iedzīvotāji, parasti pazīstam jau kopš bērnības. Tie redzami visu gadu pie debess velves. Rati apli pēc apļa riņķo ap Polārzvaigzni — Mazo Greizo Ratu jeb Mazā Lāča zvaigznāja spožāko zvaigzni α . Pati Polārzvaigzne mums šķiet nekustīga. Tieši šīs īpatnības dēļ ne sevišķi spožo 2. redzamā lieluma objektu — Polārzvaigzni — izdalām visu citu zvaigžņu vidū. Polārzvaigzne, kas viegli atrodama pie debess (1. att.), mums kalpo kā vadzvaigzne un drošs orientieris ziemeļu virziena noteikšanai naktī. Tieši tāpēc, ka Polārzvaigzne ir pazīstamāka un līdz ar to it kā tuvāka par daudzām citām zvaigznēm, būtu lietderīgi ieteikt tieši šo zvaigzni dažādu astronomisku paradību un likumsakarību atspoguļošanai.

Parasti par Polārzvaigzni runā, apskatot pasaules polu pārvietošanos starp zvaigznēm. Ja iedomājamies, ka Zemes griešanās ass virs ziemeļpola būtu pagarināta, tad tā pie debess sfēras Polārzvaigznes tuvumā iezīmētu pasaules ziemeļpolu. Ap pasaules polu debess spideklī šķietami griežas. Arī Polārzvaigzne patiesībā riņķo ap pasaules ziemeļpolu, tikai tās orbīta ir pavisam maza, jo mūsu dienās Polārzvaigzni no pasaules ziemeļpola šķir nepilns grāds. Zemes griešanās ass pakļauta lēnai konusveida kustībai, tāpēc pasaules ziemeļpols slīd no viena zvaigznāja uz

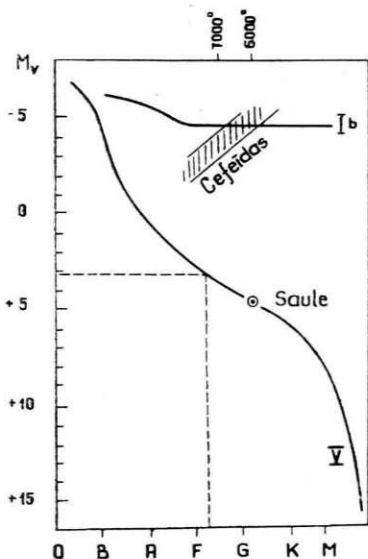
1. att. Polārzcvaigzņi — Mazo Greizo Ratu zvaigzņi α var atrast, savienojot Lielo Greizo Ratu zvaigznes β un α ar iedomātu līniju un šo līniju pagarinot apmēram 5 reizes. Zvaigzne α UMi ir kļuvusi par Polārzcvaigzni tikai uz laiku. Pasaules ziemeļpols 26 000 tūkst. gadu aprakstīs pie debess milzu riņķi, kura rādiuss sasniegs 23,°5, un, izslīdējis caur Cefeja, Gulbja, Liras un Pūķa zvaigznājiem, atkal atgriezīsies Mazajos Greizajos Ratos. Padomājiet, cik gadu atpakaļ par Polārzcvaigzni ir bijusi Pūķa zvaigzne α !

citū. Pagaidām pasaules pōls turpina tuvojies Polārzcvaigzņei, un ap 2150. gadu atstatums starp tiem samazināsies līdz 20 loka minūtēm. Pēc tam, uzsācis attālināties, pōls 2000 gados noies apmēram 10 grādu loku pie debess sfēras un nokļūs citas spožas zvaigznes — γ Cep tuvumā. Pirms 2000 gadiem, t. i., mūsu ēras sākumā, pasaules pōls tāpat atradās 10 grādu attālumā no α UMi — Mazā Lāča spožākās zvaigznes — tagadējās Polārzcvaigznes. Polam nedaudz tuvāk bija cita spoža zvaigzne — β UMi. Pat 1000 gadu atpakaļ pōls vēl atradās 5 grādu jeb 10 Mēness redzamo diametru attālumā no α UMi. Tātad tik spožu Polārzcvaigzni, kādu esam paraduši redzēt, ziemeļu tautas ir ieguvušas ne visai senā pagātnē un nesaglabās to ilgstoši (skat. 1. att.).

Tomēr Polārzcvaigzne pelna ievēribu ne tikai kā zvaigzne, kuras tuvumā pašlaik atrodas pasaules pōls. Lai labāk izprastu tās fizikālo dabu, apskatīsim spektra spožuma diagrammu (2. att.). Ja uz vienas ass ir atlikta spektra klases, bet uz otras absolūtie zvaigžņu lielumi, kas raksturo to patieso spožumu, tad katra zvaigzne ieņem noteiktu vietu diagrammā. Zvaigznes neaizpilda visu diagrammu vienmērīgi, bet gan apvienojas grupās vai joslās, kuras pieņemts saukt par secībām. Secības parāda, kādā attīstības stadijā apskatāmās zvaigznes atrodas. Noskaidrosim Polārzcvaigznes vietu spektra spožuma diagrammā. Zvaigznes α UMi spektra klase F8,II rāda, ka tā ir nedaudz karstāka par Sauli (G2,V). Polārzcvaigznes virsmas temperatūra ir apmēram 7000°K, un binoklī tā izskatās dzeltena. Bet spožuma klase Ib liecina, ka α UMi ir zvaigzne — pārmilzīs. Tas nozīmē, ka Polārzcvaigznes izmēri vismaz 100 reizes pārsniedz Saules izmērus un ka tā izstaro gandrīz 10 000 reižu vairāk siltuma un gaismas nekā mūsu spīdekļis. Tomēr Polārzcvaigznes vietu spektra spožuma diagrammā precīzi iezīmēt nevar, jo tā pieder pie mainīgzvaigznēm, kuras sauc par cefeidām. Vācu astronoms L. Zeidels jau 1852. gadā pa-



manīja, ka Polārzcvaigzne maina savu spožumu. Nebrīnieties, ka jūs to neesat ievērojuši! Polārzcvaigznes spožums mainās tikai par spožuma klases vienu desmitdaļu — vizuāļajos staros no $2^m,06$ līdz $1^m,94$. Toties spožuma maiņas periods ir precīzs — 3,96986 dienas. Cefeīdu redzamā spožuma maiņa atspoguļo to patiesā spožuma maiņu. Vienlaicīgi izmainās arī cefeīdas spektra klase un radiālais ātrums. Spektra klases izmaiņas norāda uz to, ka zvaigznes atmosfēras temperatūra mainās par vairākiem simtiem vai pat tūkstošiem grādu. Atgādināsim, ka radiālais ātrums, kuru nosaka pēc atomu līniju novirzes zvaigznes spektrā, raksturo attiecīgā objekta attālināšanos vai tuvošanos mums skata līnijas virzienā. Šajā gadījumā radiālā ātruma maiņa liecina par zvaigznes vielas, par tās ārējo slāņu kustību. Patiešām, cefeīdas nepārtraukti pulsē — saraujas un izplešas divu pretēju spēku ietekmē. Kad cefeīda ir sarāvusies, tad gāzes spiediens ir pietiekami liels, lai piespiestu zvaigznes vielu izplūst uz āru. Zvaigzne sāk izplesties, samazinās tās blīvums un līdz ar to arī gāzes spiediens uz tiem zvaigznes vielas slāņiem, kas attālinās no centra. Inerces dēļ izplešanās turpinās vēl pēc tam, kad gravitācijas spēks, kas darbojas centra virzienā, ir līdzsvarojis gāzes spiediena spēku. Pienāk brīdis, kad gravitācijas spēks tomēr aptur izplešanos un cefeīda sāk sarauties. Šajā procesā cefeīdas rādiuss izmainās par 5—10%. Tas nozīmē, ka zvaigznes ārējie slāņi dažu dienu laikā paceļas un saplok par miljoniem kilometru. Lai gan Polārzcvaigznes «elpas vilcieni» nav tik grandiozi kā vairumam cefeīdu, tomēr arī tās vieta spektra spožuma diagrammā



periodiski nedaudz mainās. Polārzcvaigznes pulsācijas turpināsies, kamēr tā atradīsies cefeīdām raksturīgā spektra spožuma diagrammas apgabalā, kas iezīmēts 2. attēlā. Visas zvaigznes, kas savā attīstības gaitā nonāk šajā apgabalā, sāk pulsēt — tās kļūst nestablas, bet tikai uz laiku. Tātad arī mainīgums ir pārejoša Polārzcvaigznes īpatnība. Diemžēl, pagaidām astronomi vēl neprot paredzēt, kad tā atkal kļūs stabila zvaigzne.

2. att. Vienkāršota spektra spožuma diagramma, uz kuras atzīmēta tikai mazāk spožu pārmilžu secība Ib un galvenā jeb puduru secība V. Saule (G 2, V) ir neliela, dzeltena galvenās secības zvaigzne, tās virsmas temperatūra — 6000°. Pārtrauktā līnija rāda, kā var uzzināt Polārzcvaigznes redzamā pavaidoņa (F2.5, V) absolūto zvaigžņu lielumu M.

Taču Polārzcvaigznei piemīt vēl viena īpatnība — kopā ar mazāk spožu pavadoņi, kas atrodas 19 loka sekunžu attālumā no α UMi, tā veido vizuālu dubultzcvaigzņi. Pavadoņi, kura redzamais lielums ir $8^m,5$, pirmais saskatīja 19. gs. slavenais zvaigžņu pētnieks Viljams Heršels. Pavadoņa spektra klase ir F2.5 un spožuma klase V. Var secināt, ka pavadoņim virsmas temperatūra ir vēl mazliet augstāka nekā pašai Polārzcvaigznei. Tam ir dzeltenbalta krāsa. Piederība galvenajai secībai liecina par to, ka pavadoņim ir nelieli izmēri salīdzinājumā ar Polārzcvaigzņi un neliels patiesais spožums. Pavadoņi izstaro aptuveni 500 reizes mazāk enerģijas nekā Polārzcvaigzne. Ja šo zvaigžņu pāri aplūko teleskopā, tad optiskas ilūzijas dēļ pavadoņi blakus Polārzcvaigznei izskatās zaļgans. Līdz šim nav pārbaudīts, vai Polārzcvaigzne ar pavadoņi patiešām veido fizikālu pāri, jo noteikt šīs sistēmas orbitālās kustības elementus nav viegli — pārāk garš ir iespējamās kustības periods.

Daži zinātnieki uzskata, ka Polārzcvaigzne bez tam varētu būt spektrāla dubultzcvaigzne. Tas nozīmē, ka Polārzcvaigznei varētu būt vēl viens — ļoti ciešs, neredzams pavadoņi. Droši pierādīt šāda pavadoņa klātbūtni pagaidām nav izdevies. Tieši otrādi, 1965. gadā iegūtie ļoti lielas dispersijas α UMi spektra uzņēmumi līdz pat tālai ultravioletai daļai neparādīja nekādas tuva pavadoņa klātbūtnes pazīmes. Tomēr amerikāņu astronome E. Rēmere, kas nesen analizējusi α UMi radiālo ātrumu izmaiņas sešos gadu desmitos, šo pētījumu rezultātā secina, ka bez izmaiņām ar gandrīz 4 dienu periodu un amplitūdu 5—6 km/sek pastāv arī ilgperioda izmaiņas ar amplitūdu 8 km/sek. Šo radiālā ātruma izmaiņu periods — apmēram 30 gadu. Var domāt, ka radiālā ātruma ilgperioda izmaiņas rodas, spožajai α UMi un tās neredzamajai komponentei rotējot ap kopīgo smaguma centru.

Polārzcvaigzne kā cefeīda un vienlaikus vairākkārtīga zvaigzne izraisa īpašu interesi. Cefeīdas pazīstamas kā savdabīgas Visuma bākas. Raksturīgās spožuma maiņas dēļ tās ērti izdalāmas pārējo zvaigžņu starpā, un lielais patiesais spožums tās padara saskatāmas ne tikai milzīgā attālumā no Saules mūsu Galaktikā, bet pat citās galaktikās. Daudzu zvaigžņu patiesā spožuma noteikšana, bez kā nav iespējams aprēķināt to attālumu, sagādā astronomiem grūtības. Jau 1912. gadā noskaidrojās, ka pastāv cieša sakarība starp cefeīdu patieso spožumu un redzamā spožuma maiņas periodu. Jo garāks ir periods, jo lielāks ir arī cefeīdu patiesais spožums. Lai perioda un spožuma sakarību varētu izmantot praksē, nācās to kalibrēt, t. i., noteikt, tieši kāds patiesais spožums, izteikts absolūtos lielumos, atbilst katram periodam. Šķita, ka tā ir lieliska metode, ar kuras palīdzību pēc perioda varētu viegli noteikt cefeīdas patieso spožumu. Tālākie pētījumi parādīja, ka ne visām cefeīdām perioda un spožuma sakarība ir vienāda, tāpēc kalibrācijas jautājums pilnīgi nav atrisināts vēl līdz šim.

Šajā sakarībā Kanādas astronoms J. Ferni ir nodomājis mūsu Galaktikas cefeīdu perioda un spožuma sakarības nullpunkta precizēšanai izmantot vairākkārtīgu sistēmu pārstāves. Tātad šim nolūkam noder arī Polārzcvaigzne. Ja pieņemam, ka α UMi ar redzamo pavadoni patiesi veido fizikālu pāri, tad var uzskatīt, ka abas šīs zvaigznes praktiski atrodas vienādā attālumā no Saules. Tādā gadījumā abu zvaigžņu redzamo spožumu starpība $8^m,5 - 2^m,0 = 6^m,5$ atspoguļo to absolūto lielumu starpību. Rodas jautājums, vai Polārzcvaigznes hipotētiskais ciešais pavadonis jūtami neietekmē tās redzamo spožumu? Pēc J. Ferni novērtējuma, neredzamā pavadoņa starojums var palielināt Polārzcvaigznes spožumu ne vairāk kā par $0^m,01$. Izmantojot spektra spožuma diagrammu (skat. 2. att.), pēc redzamā pavadoņa spektra un spožuma klases F2.5 V var novērtēt tā absolūto lielumu, kas ir $+3^m,3$. Tādā gadījumā α UMi absolūtais lielums ir $+3^m,3 - 6^m,5 = -3^m,2$. Tā J. Ferni ir ieguvis neatkarīgu cefeīdas absolūtā lieluma novērtējumu, ko var izmantot minētās sakarības kalibrēšanai. Jāpiezīmē, ka pārmilžu secībai Ib, kurai pieder pati Polārzcvaigzne, piemīt liela dispersija, un tā nav izmantojama šādam nolūkam. Taču galvenās secības zvaigznes, tātad arī Polārzcvaigznes redzamais pavadonis izvietojas šaurā joslā gar 2. attēlā iezīmēto likni V. Tāpēc galvenās secības zvaigžņu absolūtos lielumus var samērā precīzi nolasīt pēc spektra spožuma diagrammas.

Zinot Polārzcvaigznes redzamo un absolūto lielumu, var noteikt šīs zvaigznes atrašanās vietu Galaktikā. Izrādās, ka Polārzcvaigzne atrodas apmēram 100 parseku attālumā no Saules. Tā ir mums vistuvākā cefeīda. Lai gan gaisma no Polārzcvaigznes līdz mums nonāk vairāk nekā 300 gados, tomēr zvaigžņu pasaules mērogos tas ir niecīgs attālums. Salīdzināšanai minēsim, ka pati Saule atrodas 10 000 parseku attālumā no Galaktikas centra. Skatoties no centra, Polārzcvaigzne novietota vēl nedaudz tālāk aiz Saules.

Nobeigumā minēti daži rakstā sniegto materiālu izmantošanas piemēri.

Apskatītās α UMi fizikālās īpatnības — piederību cefeīdām un vairākkārtīgām zvaigznēm — būtu lietderīgi kaut īsi pieminēt katrreiz, runājot par Polārzcvaigzni kā pasaules polam tuvu zvaigzni. Tas padarītu Polārzcvaigzni vēl pazīstamāku un saprotamāku.

Materiāls izmantojams arī pretējā nolūkā. Attiecībā uz cefeīdām jāaizrāda, ka tuvākā no tām ir Polārzcvaigzne. Runājot par dažāda tipa dubultzvaigznēm, Polārzcvaigzne var noderēt kā piemērs, kas ilgāk paliek atmiņā.

Aplūkojot spektra spožuma diagrammu, Polārzcvaigzni var minēt kā pārmilžu secības pārstāvi.

ATKLĀTS SATURNA DESMITAIS PAVADONIS

Franču astronoms Dolfuss 1966.—1967. gada mijā kā Jaungada dāvanu Saules sistēmas pētniekiem atsūtīja ziņu, ka Saturnam atklāts vēl viens, pēc skaita desmitais, pavadonis. Kā zināms «Zvaigžņotās debess» lasītājiem, šo Saules sistēmas planētu 1966. gadā astronomi pastiprināti novēroja sakarā ar tā saukto Saturna gredzena izzušanu.¹ Gaišajam Saturna gredzenam pagriežoties ar šķautni pret Zemi, kā tas bija 1966. gada 17. decembrī, acīmredzot izveidojās labvēlīgāki apstākļi nekā parasti līdz tam neredzamā pavadoņa novērošanai.

Telegrammā par šo atklājumu Dolfuss no Medonas observatorijas ziņoja sekojoši: «Iespējams, ka atklāts jauns 14. zvaigžņu lieluma Saturna pavadonis, kas atrodas visai tuvu gredzena sistēmas ārējai malai. Domājams, ka tā ap griešanās periods ir 18 stundas, orbitas diametrs novērtēts uz 315 000 km. Pavadonis atrasts uz trim plātēm 15. decembrī austrumu elongācijā, 16. un 17. decembrī rietumu elongācijā. Novērojumus nepieciešams turpināt.»

18. decembrī šo atklājumu apstiprināja amerikāņu astronomi. Līdz ar to Saules sistēmas planētu pavadoņu skaits sasniedza 32. Starp tiem ir mūsu Mēness, 2 Marsa pavadoņi, 12 Jupitera mēneši, 10 Saturna, 5 Urāna un 2 Neptūna pavadoņi. Vienīgi Saulei tuvākajām planētām Merkuram un Venērai nav savu pavadoņu. Pavadoņi pagaidām nav atklāti arī Plutonam.

Kopš 1951. gada nebija atklāts neviens planētu pavadonis, pēdējais bija Jupitera divpadsmitais mēness, bet Saturna pavadoņu skaits nebija mainījies kopš 1898. gada. Tiesa gan, 1905. gadā bija publicētas ziņas par Saturna desmitā pavadoņa atklāšanu, tomēr tās neapstiprinājās.

Saturna pavadoņu sistēmas atklāšanas vēsture jau ir vecāka par 300 gadiem. Pirmo Saturna pavadoņi Titānu atklāja 1655. gadā holandiešu zinātnieks Kristians Heigenss (1629.—1695.), kurš bija pratis izgatavot spēcīgākus teleskopus nekā viņa priekšgājēji. Titāna diametrs ir gandrīz 5000 km. Tātad tas ir lielāks par mūsu Mēnesi, kam diametrs ir 3476 km, un pat lielāks par Merkuru. Titāns interesants ar to, ka ap to vienīgo no visiem pavadoņiem konstatēta atmosfēra (metāna gāze). Starp citu, Heigenss pirmais pareizi izskaidroja Saturna gredzenu, ko pirmoreiz bija novērojis jau Galilejs. Materiālus par gredzena atklāšanu Heigenss publicēja 1656. gadā anagrammas veidā latīņu valodā, kā jau tajos laikos bija pieņemts. Pēc trim gadiem viņš šo anagrammu atšifrēja šādi: *Annulo cingitur, tenui, plano, musquam cohaerente, ad eclipticam inclinato*, t. i., Sa-

¹ I. D a u b e. Noverosim Saturnu! — «Zvaigžņota debess», 1966. gada pavasaris, 32. lpp.

turnu ietver plāns, plakans gredzens, kas nekur nepieskaras planētai un atrodas slīpi pret ekliptiku.

Iespējams, ka pats Heigenss būtu atklājis vēl kādu Saturna pavadoni, ja vien viņš, tāpat kā daudzi tā laika zinātnieki, nebūtu viduslaiku misticisma ideju varā, saskaņā ar kurām viņš apgalvoja, ka vairāk nav ko atklāt, jo planētu un to pavadoņu kopējais skaits esot sasniedzis pilnu skaitli — 12.

Tāpēc turpmākos četrus Saturna pavadoņus atklāja dažus gadus vēlāk Parīzē strādājošais astronoms novērotājs Džovanni Kazini (1625.—1712.). 1671. gadā viņš atklāja Japetu ($D = 1200$ km), 1672. gadā Reju ($D = 1800$ km), bet 1684. gadā Dioni ($D = 1300$ km) un Tetiju ($D = 1200$ km). Kazini atklāja arī tumšu līniju Saturna ģredzenā, kas vēlāk ieguva Kazini spraugas nosaukumu.

Vajadzēja paiet veseram gadsimtam, lai atklātu vēl vienu Saturna pavadoni. To izdarīja Viljams Heršels (1738.—1822.). 1789. gada 28. augusta vakarā viņš izdarīja pirmos novērojumus ar tikko izbūvētu jaunam, īpatnējas konstrukcijas teleskopu, kurš bija 40 pēdas garš un kura spoģuļa diametrs bija 4 pēdas. Tajā pašā vakarā viņš saskatīja līdz tam nezināmu Saturna pavadoni Enceladu ($D = 600$ km). Tā pašā gada 17. septembrī viņš atklāja vēl vienu mazāk spoģu Saturna pavadoni Mimasu ($D = 520$ km). Heršela atklātie pavadoņi atrodas tuvāk Saturnam nekā pieci agrāk atklātie.

1848. gada 16. septembrī Viljams Bonds (1789.—1859.), kas strādāja Harvarda koledžas observatorijā, atrada vēl vienu Saturna pavadoni Hiperionu, kam ir tikai 400 km diametrs. Divas dienas vēlāk šo pavadoni pilnīgi neatkarīgi no Bonda atklāja arī Viljams Lasels (1799.—1880.) Liverpulē.

Devīto Saturna pavadoni Fēbi 1898. gadā uz fotouzņēmuma atrada ASV astronoms Edvards Pikerings (1846.—1919.). Fēbes diametrs — 300 km.

1905. gadā atklāja arī desmito Saturna pavadoni, ko nosauca par Temiju. Tomēr pēc tam šis pavadonis vairs nav redzēts, un tā eksistence ir apšaubāma.

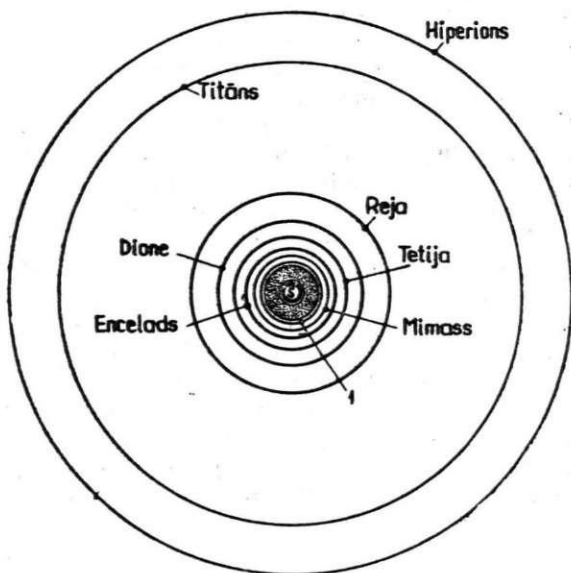
Dati par Saturna pavadoņiem sakārtoti sekojošā tabulā. Pavadoņi grupēti nevis to atklāšanas hronoloģiskajā secībā, bet gan pēc to orbītu lieluma: pirmais ir planētai vistuvākais pavadonis. Pēc pašreizējiem datiem pirmajā vietā tabulā būtu jāliek Dolfusa atklātais pavadonis. Tabulā attiecīgi pieaug arī pavadoņu aprīņģošanas laiks no nepilnas dienas līdz 550 dienām. Pavadoņu diametrs 300—5000 km. Priekšpēdējā ailē uzrādīts katra pavadoņa spoģums planētas opozīcijas laikā.

Saturna pavadoņi (1. un 2. att.), izņemot divus, riņģo pa orbītām, kuras atrodas planētas gredzena plaknē. Japeta orbītas plaknes slīpums pret ekvatoru ir 14° , bet Fēbei — 149° . Tas nozīmē, ka pēdējai kustības virziens ir pretējs salīdzinājumā ar pārējiem pavadoņiem.

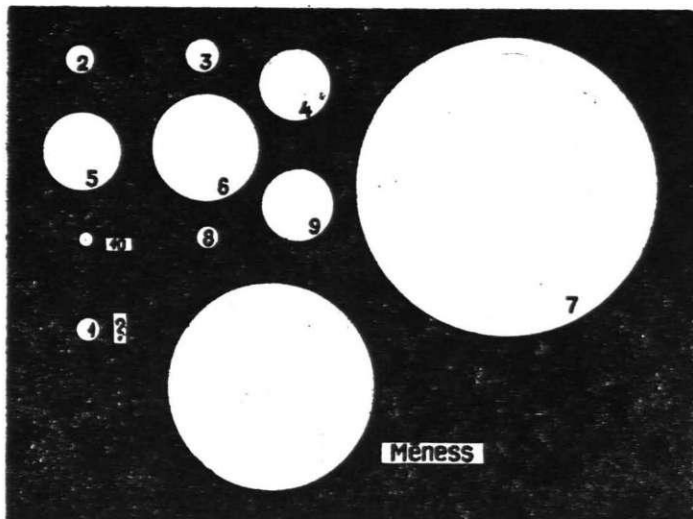
Saturna pavadoņi	Attālums no planētas tūkst. km	Apriņķošanas laiks dienās	Diametrs km	Spožums	Atklāšanas gads
1. Januss	158	0,75	?	14m	1966.
2. Mimass	186	0,94	520	12,1	1789.
3. Encelads	238	1,37	600	11,7	1789.
4. Tetija	295	1,89	1200	10,6	1684.
5. Dione	378	2,74	1300	10,7	1684.
6. Reja	528	4,52	1800	10	1672.
7. Titāns	1223	15,95	5000	8,3	1655.
8. Hiperions	1484	21,28	400	14	1848.
9. Japets	3563	79,33	1200	11	1671.
10. Fēbe	12 950	550,50	300	14,5	1898.

Pēc iespējas pilnīgai katras planētas pavadoņu sistēmas izziņāšanai ir svarīga nozīme, lai noskaidrotu šādu sistēmu izcelšanos. Tāpēc 1948.—1950. gadā Saturna pavadoņus sistemātiski meklēja Dž. Koipers Makdonalda observatorijā (ASV). Tomēr nevienu jaunu pavadoņi toreiz atrast neizdevās. Zinātnieks secināja, ka iespējamās pavadoņu atrašanās sfēras ārējā daļā nav neviena pavadoņa, kas spožāks par 19.—20. zvaigžņu lieluma klasi, bet gredzena tiešā tuvumā nav pavadoņu, kas spožāki par 14. lieluma klasi.

1966. gadā bija labvēlīgāki novērošanas apstākļi, tāpēc izdevās atklāt vēl desmito pavadoņi. Janvāra beigās Dolfuss aprēķināja jaunā pavadoņa orbītu, pamatojoties uz 13 fotouzņēmumiem.



1. att. Saturna pavadoņu sistēma (I — Janusa orbīta).



2. att. Saturna pavadoņu izmēri salīdzinājumā ar Zemes pavadoņi Mēnesi. Numerācija atbilst tabulai.

Interesanti, ka 4 no tiem bija iegūti jau pirms pavadoņa atklāšanas, proti, ASV 1966. gada 29. oktobrī ar 82 collu teleskopu. Vēl viens pavadoņa uzņēmums iegūts arī Francijā 1967. gada 9. janvārī. Jaunais pavadonis, ko Dolfuss ieteica nosaukt par Janusu, ceļo ap Saturnu gandrīz pa riņķveida orbītu, kura atrodas Saturna gredzena plaknē. Pavadoņa attālums no planētas centra ir vienāds ar 2,65 Saturna rādiusiem. Tā apriņķošanas laiks — 17 stundas un 58,5 minūtes.

Jaunais Saturna pavadonis atrodas tuvu planētas gredzenam. Teorētiskie aprēķini liecina, ka Saturna gredzena robežās neviens pavadonis nevar eksistēt. Kā to pierādīja slavenā krievu matemātiķe Sofija Kovaļevska, pavadonis Saturna paisuma spēka ietekmē tad tiktu sašķaidīts sīkās drumslās. Tādā veidā izskaidrojama Saturna gredzena eksistence.

Robežu, kas aptver šo pavadoņiem bīstamo telpas apgabalu ap kādu planētu, sauc par Roša robežu. Jaunatklātais pavadonis tāpat atrodas tuvāk Roša robežai nekā jebkurš cits pavadonis.

Nav šaubu, ka Saules sistēmas planētu pētniecībā turpmāk arvien lielāka nozīme būs modernajām kosmotehniskajām metodēm: uz šiem debesu ķermeņiem jau tuvākajā nākotnē dosies automātiskās observatorijas, kosmiskās stacijas un vēlāk arī paši pētnieki. Šīs jaunās metodes jau devušas negaidītus rezultātus Marsa un it sevišķi Mēness pētniecībā. Tomēr arī tradicionālās astronomijas metodes vēl arvien dod vērtīgas ziņas par Saules sistēmas objektiem. Par to liecina arī jaunā pavadoņa atklāšana.

SATURS

Par dažiem antenu projektēšanas jautājumiem — E. Bervalds	1
Radio vai rentgena galaktikas? — A. Balklavs	8
Mistērija un hidroksila problēma — M. Eliāss	14
Astronomijas jaunumi	18
Maksimālā iespējamā siltumstarojuma temperatūra — A. Balklavs	18
Ietiepīgais magnēts — N. Cimahoviča	20
Leonidas 1966. gadā — I. Daube	22
Neparastā maiņzvaigzne — I. Daube	24
Tranzondes pēta Zemes atmosfēru — N. Petrovs	26
«Lunar Orbiter-2» — I. Daube	27
Observatorijas un astronomi	28
Usurijskas Saules dienests — V. Baņins, V. Čistjakovs	28
Ateista stūritis	32
Nūtona dievs — M. Irbins	32
No astronomijas vēstures	34
Karlaila mehāniskais planetārijs — I. Rabinovičs	34
Mums jautā — mēs atbildam	36
Kad Špicbergenā auga meži... — N. Ozoliņa	36
Hronika	38
«Zvaigžņotās debess» autoru tikšanās ar lasītājiem — I. Daube	38
Zvaigžņotā debess 1967. gada vasarā	39
Par Pūķi, kurš nekad neaizmieg... — A. Alksne	39
Vai jūs to zināt par Polārzvaigzni? — Z. Alksne	46
Atklāts Saturna desmitais pavadoņš — A. Alksnis	51

ЗВЕЗДНОЕ НЕБО
Лето 1967 года

ZVAIGŽŅOTĀ DEBESS
1967. gada vasara

Vāku zīmējis V. Zirdziņš.
Redaktore S. Cepurniece.
Tehn. redaktore E. Poča.
Korektore A. Ava.

Nodota salikšanai 1967. g. 28. aprīlī. Parakstīta iespiešanai 1967. g. 28. jūlijā. Papīra formāts 70×90/16. 3.5 fiz. iespiedl.; 4.09 uzsk. iespiedl.; 4.33 izdevn. 1. Metiens 1800 eks. JT 17083. Maksā 13 kap. Izdevniecība «Zinātne» Rīgā, Turģeņeva ielā 19. Iespiesta Latvijas PSR Ministru Padomes Preses komitejas Poligrāfiskās rūpniecības pārvaldes 6. tipogrāfijā Rīgā, Gorkija iela Nr. 6. Pasūt. Nr. 914.
52

Redakcijas kolēģija: A. Alksnis, A. Balklavs, N. Cimahoviča, I. Daube, J. Ikaunieks (atb. red.), I. Rabinovičs (atb. sekr.).

Publicēts saskaņā ar Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas Redakciju un izdevumu padomes 1967. gada 2. marta lēmumu.

IAU IZNĀKUŠAS ŠĀDAS GRĀMATAS:

I. Rabinovičs. No laika rēķinu vēstures. 15 kap.

Солнечная активность и жизнь. 27 кап.

1967. gadā izdevniecība «Zinātne» laidīs klajā:

Zvaigžņotā debess 1967. gada rudenī un 1967./68. gada ziemā. 13 kap.

Populārzinātnisks izdevums «Zvaigžņotā debess», kurš iznāk katru gada ceturksni, domāts plašām lasītāju aprindām, kas interesējas par astronomijas un kosmonautikas jautājumiem. Izdevumi ietver pārskata rakstus par astronomijas pamatproblēmām, zvaigžņotās debess apskatu par attiecīgo ceturksni un astronomiskās zinātnes jaunumus Padomju Savienībā un ārzmēs. Plaši aplūkoti kosmosa apgūšanas jautājumi, tiek publicēti raksti par ievērojamu zinātnieku dzīvi un darbību, par mūsdienu padomju un ārzemju observatoriju darbu un ziņas par populāriem astronomiskiem izdevumiem. Tiek iztirzāti zinātniskās metodoloģijas un ateistiskās propagandas jautājumi. Ievietoti arī materiāli astronomiem amatieriem.

Izdevums domāts visiem astronomijas draugiem, kā arī skolu jaunatnei, augstskolu mācības spēkiem un studentiem.

Astronomiskais kalendārs 1968. gadam. 24 kap.

Astronomiskajā kalendārā ievietoti Saules un Mēness lēkta un norieta tabulas Rīgai, Liepājai un Daugavpilij un planētu efemerīdas. Koordinātu tabulas ļauj veikt ģeodēzijā un kartogrāfijā nepieciešamos novērojumus. Atzīmētas arī astronomijas vēstures piemiņas dienas. Kalendārs ir mācību palīglīdzeklis vidusskolu skolotājiem, augstskolu pasniedzējiem un studentiem. Literatūras pielikumā publicēti raksti par mūsdienu astronomijas aktuāliem jautājumiem.

Dabas un vēstures kalendārs 1968. gadam. 84 kap.

Kalendārā ir šādas nodaļas: vispārīgais un astronomiskais kalendārs, meteoroloģiskais kalendārs, fenoloģiskais kalendārs ar medību un zvejas kalendāru. Bez tam ievietoti raksti par interesantākajām dabas parādībām, padomi dabas mīļotājiem, medniekiem un makšķerniekiem, lēmumi par dabas aizsardzību u. c., kā arī raksti par svarīgākajām vēsturiskajām jubilejām.

1967. gadā zinātniskās fantastikas draugi saņems vēl divas jaunas grāmatas, ko laidīs klajā izdevniecība «Zinātne»:

A. Azimovs. Es, robots (tulkojums no angļu valodas). 58 kap.

Stāstu krājums «Es, robots» ir viena no samērā agrām rakstnieka grāmatām. Tās ir robotu būves kompānijas speciālista — robopsihologa atmiņas, kas veido monolitu stāstu virkni, pie kam visu stāstu «varoņi» ir dažādu konstrukciju roboti, kuri izpilda dažādus uzdevumus un saduras ar nopietnām pretešībām un pretrunām, tādēļ ka to «psiholoģija» nav piemērota sarežģītajiem apstākļiem, kādus dzīvē rada gandrīz vai ikkatra aktīva darbība. Azimova stāstus raksturo smalks humors un, varētu teikt, līdzjūtība pret robotiem.

Rejs Bredberijs. Marsa hronikas (tulkojums no angļu valodas). 63 kap.

«Marsa hronikas», R. Bredberija pirmais plašākais sacerējums, sarakstītas 1950. gadā un pārtulkotas gandrīz visās pasaules valodās. Autora izklāstījumā Marsa apgušanas fantastiskā vēsture nav notikumu, tikšanos un šķiršanos, nāves un cerību, mīlas un sāpju hronika. Ārēji «Marsa hronikas» ir noveļu krājums, kurā noveles citu ar citu saista vienīgi nosaukums; taču arī šīs saites ir ļoti nosacītas, jo Marss dažādos Bredberija stāstos attēlots dažādi. Tomēr iekšēji noveles vieno kopējas jūtas, noskaņas, viena visu uzvaroša doma par cilvēka zaudējumu rūgtumu, cilvēka dzīves ceļa sūrumu un triumfējošas cilvēciņas liksmi. «Marsa hronikas» ir poēma par cilvēku un tā ciņu par patiesi cilvēcīgu lielu jūtu pasauli, pret visu ļauno, vienaldzīgo, cietsirdīgo.

IZDEVNIECĪBAS «ZINĀTNE» GRĀMATAS JŪS VARAT IEGĀDĀTIES
KATRĀ LATVIJAS GRĀMATU TIRDZNIECĪBAS REPUBLIKĀNISKĀ
KANTORA GRĀMATNĪCĀ VAI PASŪTĪT CAUR «GRĀMATU PA
PASTU» — RĪGĀ, TEĀTRA IELĀ 11.

13 kap.

